



GESTÃO E TECNOLOGIA DE PROJETOS

Design Management and Technology

2018; 13(2)

Uma publicação do
Instituto de Arquitetura e Urbanismo
Universidade de São Paulo



© Gestão e Tecnologia de Projetos

Esta revista oferece acesso livre imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratização mundial do conhecimento.

Periodicidade

Semestral

Tiragem

Revista eletrônica

Revisão

Diego Faria | Tikinet

Diagramação

Julia Ahmed e Karina Vizeu Winkaler | Tikinet



Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo [IAU-USP]
Avenida Trabalhador São-Carlense, 400 - Centro
13566-590, São Carlos - SP, Brasil
Telefone: +55 16 3373-9311
Fax: +55 16 3373-9310
www.iau.usp.br

Ficha Catalográfica

Gestão e Tecnologia de Projetos / Universidade de São Paulo.
Instituto de Arquitetura e Urbanismo. – v. 1, n. 1 (2006) – .
– São Carlos: USP, 2006 -

Semestral

ISSN 1981-1543

1. Processos e tecnologias de projetos – Periódicos.
Arquitetura. I. Universidade de São Paulo. Instituto de
Arquitetura e Urbanismo.

Apoio

Programa de Apoio às Publicações Científicas Periódicas da USP - SiBI USP

Bases de Indexação e Divulgação



Produção e Assessoria Editorial

TIKINET

- 7 TESTES DE USABILIDADE DE UM CONTROLE REMOTO COM IDOSOS: APLICAÇÃO DE TESTES VIRTUAIS EM SOFTWARES CAD/CAE**
USABILITY TESTING OF A REMOTE CONTROL WITH OLDER ADULT USERS: APPLICATION OF VIRTUAL TESTING IN CAD/CAE SOFTWARES
Mayara Ramos, Alexandre Amorim dos Reis
- 19 CONTRIBUIÇÃO DA MODELAGEM BIM PARA FACILITAR O PROCESSO DE ACV DE EDIFICAÇÕES COMPLETAS**
CONTRIBUTION OF BIM-AIDED DESIGN TO FACILITATE THE LIFE CYCLE ASSESSMENT OF WHOLE BUILDINGS
Vanessa Gomes, Natalia Nakamura Barros
- 35 O INSTRUMENTALISMO NA AFERIÇÃO DA EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO**
INSTRUMENTALISM IN USER EXPERIENCE ASSESSMENT
Marcelo Pereira Demilis, Richard Perassi Luiz de Sousa, Giselle Alves Diaz Merino
- 53 DESIGN, TECNOLOGIA E PATRIMÔNIO: DIGITALIZAÇÃO TRIDIMENSIONAL COMO FERRAMENTA DE PRESERVAÇÃO DE ELEMENTOS DE PRÉDIOS HISTÓRICOS**
DESIGN, TECHNOLOGY AND HERITAGE: THREE-DIMENSIONAL SCANNING FOR THE PRESERVATION OF ELEMENTS OF HISTORIC BUILDINGS
Guilherme Resende Muniz, Fabio Pinto da Silva, Wilson Kindlein Júnior
- 67 ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL APLICADA À ARQUITETURA: PROCESSO DE PROJETO**
ARTIFICIAL LIGHTING APPLIED TO ARCHITECTURE: DESIGN PROCESS
Fernanda Brito Bandeira, Paulo Sergio Scarazzato

81 **ESCOLHAS SUSTENTÁVEIS EM SISTEMAS DE VEDAÇÃO: CONSTRUÇÃO DE UMA MÉTRICA DE AVALIAÇÃO RELATIVA**
SUSTAINABLE SELECTION IN BUILDING ENVELOPE SYSTEMS: DEVELOPING A METRIC OF RELATIVE ASSESSMENT

Rafael Eduardo López Guerrero, Carlos Alejandro Nome

95 **AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UM PROJETO PADRÃO DO PROGRAMA PROINFÂNCIA: ESCOLA DE EDUCAÇÃO INFANTIL NO SUL DO BRASIL**
POST-OCCUPANCY EVALUATION OF THE STANDARD PROJECT OF PROINFÂNCIA PROGRAM: EARLY CHILDHOOD EDUCATION SCHOOL IN SOUTH BRAZIL

Nébora Lazzarotto Modler, Angélica Saccol Berleze, Edison Kiyoshi Tsutsumi, Vinícius Cesar Cadena Linczuk, Giselle Arteiro Nielsen Azevedo

EDITORIAL

VOLUME 13 NÚMERO 2 (2018)

Nesta sua nova edição, a *Gestão e Tecnologia de Projetos* apresenta sete artigos voltados a temas relacionados ao *design* e à arquitetura, demonstrando, mais uma vez, a interdisciplinaridade dessas duas áreas do conhecimento.

Os temas abordados, conforme o leitor poderá perceber, navegam entre a fundamentação teórica e a pesquisa aplicada, com destaque para os instrumentos de pesquisa e a tecnologia da informação. Também a interface de produtos e da arquitetura com os usuários – tão importante e contemporânea – está presente em vários artigos deste número.

Em “Testes de usabilidade de um controle remoto com idosos: aplicação de testes virtuais em softwares CAD/CAE”, Ramos e Amorim dos Reis colocam em discussão o tema dos testes virtuais *versus* os testes convencionais e o potencial de confiabilidade gerado em cada um desses tipos no caso de produtos do cotidiano, como o controle remoto.

Já em “Contribuição da modelagem BIM para facilitar o processo de ACV de edificações completas”, Gomes e Barros colocam em discussão de que forma a avaliação do ciclo de vida (ACV), no caso de projetos sustentáveis, pode se valer da modelagem da informação da construção (BIM) em termos de automação da coleta de dados quantitativos da edificação; os limites atuais dessa integração, em termos de interoperabilidade com vistas à facilitação da avaliação ambiental; e o futuro dessas ações ACV de modo ágil e interativo na BIM.

Em “O instrumentalismo na aferição da experiência do usuário”, Demilis, Sousa e Merino realizaram densa revisão da literatura internacional no campo dos instrumentos e ferramentas e das técnicas que possam efetivamente colaborar na aferição da experiência do usuário de produtos (*design*). Esse artigo é de interesse para pesquisadores não só em *design*, mas também em arquitetura – particularmente no campo da avaliação pós-ocupação, já que coloca em discussão, inclusive, instrumentos como questionários (associados a escala Likert), entrevistas e observações.

No artigo “Design, tecnologia e patrimônio: digitalização tridimensional como ferramenta de preservação de elementos de prédios históricos”, Muniz, Silva e Kindlein Júnior discutem a digitalização tridimensional como um novo campo para a documentação de bens arquitetônicos e apresentam uma experiência de digitalização 3D de quatro elementos de fachada de prédios históricos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O texto também aborda o processo de tomada e tratamento de dados e as possibilidades visualização on-line dos resultados.

Bandeira e Scarazzato, por sua vez, em “Iluminação artificial aplicada à arquitetura: processo de projeto”, colocam em discussão as etapas de projeto em iluminação, do pré-projeto ao pós-projeto, incluindo a avaliação pós-ocupação – campo de atuação de arquitetos, *designers* e outros profissionais –, sob a ótica do cruzamento de necessidades humanas e econômicas, eficiência energética, meio ambiente e arquitetura. Para tanto, descrevem e analisam resultados de aplicação de questionários on-line a profissionais desse campo no Brasil, ponderando

How to cite this article:

ORNSTEIN, S.W.; FABRICIO, M.M. Editorial: volume 13, número 2. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 13, n. 2, p. 5-6, 2018. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v13i2.146151>

sobre os *softwares* que estes utilizam, à procura de especialistas no assunto para colaborar, sobretudo, nas arquiteturas corporativa, comercial e escolar, porém, nas etapas derradeiras de projeto – implicando, por essa razão, limitações quanto ao desenvolvimento de propostas mais voltadas ao aproveitamento da iluminação natural. Esse artigo encontra-se disponível em português e em inglês.

Em “Escolhas sustentáveis em sistemas de vedação: construção de uma métrica de avaliação relativa”, López Guerrero e Nome propõem uma métrica de avaliação qualitativa para medir o nível de sustentabilidade de sistemas de vedação voltados para a chamada habitação compacta, auxiliando nas etapas iniciais de projeto. No artigo, os autores lembram da escassez de métodos simplificados nesse campo, que possam ser utilizados pelos profissionais nas decisões de projeto, e ilustram a proposta com figuras que correlacionam componentes, elementos e/ou sistemas de vedação com foco na sustentabilidade.

Fechando a edição está “Avaliação de desempenho de um projeto padrão do programa Proinfância: escola de educação infantil no Sul do Brasil”, no qual Modler, Berleze, Tsutsumi, Linczuk e Azevedo tratam do projeto de uma escola construída no Sul do país no contexto do Programa Nacional de Reestruturação e Aquisição de Equipamentos para a Rede Escolar Pública de Educação Infantil (Proinfância). O artigo desenvolve uma avaliação pós-ocupação do projeto padrão e destaca aspectos para possíveis aprimoramentos, com ênfase nas questões de conforto ambiental.

Desejamos uma ótima leitura a todos!

Sheila Walbe Ornstein
Márcio Minto Fabricio

TESTES DE USABILIDADE DE UM CONTROLE REMOTO COM IDOSOS: APLICAÇÃO DE TESTES VIRTUAIS EM SOFTWARES CAD/CAE

USABILITY TESTING OF A REMOTE CONTROL WITH OLDER ADULT USERS: APPLICATION OF VIRTUAL TESTING IN CAD/CAE SOFTWARES

Mayara Ramos¹, Alexandre Amorim dos Reis²

RESUMO: O envelhecimento populacional traz a necessidade de desenvolver produtos mais adequados às capacidades dessa população. Uma forma de progredir nesse sentido é a inclusão do público idoso em testes de usabilidade no processo de desenvolvimento de produtos. Essa inclusão pode ser feita com baixo custo e sem exposição do usuário por meio de testes virtuais. O objetivo neste estudo é desenvolver um procedimento para testes de usabilidade virtuais realizados no software SolidWorks que foque nos idosos, realizando um estudo com um controle remoto. Para isso foram feitos tais testes com esse público, sendo um convencional e um com usuários simulados virtualmente, comparando seus resultados. A conclusão indicou que, devido às limitações encontradas neste estudo, o teste virtual na plataforma desse software ainda não substitui os testes tradicionais.

PALAVRAS-CHAVE: Usabilidade; Métodos para Fatores Humanos; Modelamento Digital Humano; Idosos; Software CAD/CAE.

ABSTRACT: Population aging brings the need to develop products better suited to the capabilities of the population. One way of progressing towards this direction is the inclusion of older adults in usability testing during the process of product development. This is possible at low cost and without exposing the user, with use of virtual testing. This study aimed to develop a procedure for virtual usability tests made in the software SolidWorks with a focus on older adult users. For this purpose, two usability tests were conducted with these users: a traditional test and a test with simulated users, both results being compared, and having as object studied a remote control. Comparison of the test results indicated that, due to the limitations found, virtual test in SolidWorks was not able to replace traditional tests.

KEYWORDS: Usability; Methods for Human Factors; Digital Human Modeling; Older populations, CAD/CAE software.

¹ Universidade Federal de Santa Catarina

² Universidade do Estado de Santa Catarina

INTRODUÇÃO

A idade é uma variável relevante às considerações de design na pesquisa e prática de fatores humanos, e essa importância está relacionada a três principais motivos: o crescimento constante da população de idosos em países desenvolvidos, o aumento da proporção desses sujeitos dentre os trabalhadores (*work force*) e as significativas diferenças físicas e cognitivas entre jovens e idosos advindas do envelhecimento que necessitam de considerações específicas de projeto (NICHOLS; ROGERS; FISK, 2006). O aceleração do envelhecimento populacional e a mudança demográfica que isso causa terão uma grande influência no gerenciamento de inovações e desenvolvimento de produtos e serviços em todos os segmentos da indústria, que precisam ser adaptados ou desenvolvidos para atender às mudanças e necessidades da população em envelhecimento (KOHLBACHER; HERSTATT; SCHWEISFURTH, 2010).

How to cite this article:

RAMOS, M.; REIS, A. A. Testes de usabilidade de um controle remoto com idosos: aplicação de testes virtuais em softwares CAD/CAE. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 13, n. 2, p. 7-18, 2018. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v13i2.140555>

Fonte de financiamento: CNPq e CAPES

Conflito de interesse: Declaram não haver

Submetido em: 13/11/2017

Aceito em: 21/03/2018



A mudança do cenário etário requer uma maior preocupação com o projeto de produtos para que idosos possam se beneficiar dos produtos de massa (*off the shelf*) adequadamente (NICHOLS; ROGERS; FISK, 2006). Fabricantes e consumidores podem ser beneficiados com o aumento desse crescente mercado orientado pelas necessidades especiais e habilidades do público idoso. A análise rigorosa dessas características durante os estágios iniciais do projeto podem gerar produtos melhor adequados aos idosos, oferecendo-lhes maior satisfação (EHMEN et al., 2012).

Apesar de existirem muitos recursos, ferramentas e técnicas que auxiliam no design inclusivo, se tem uma escassez de dados que ajudem em uma previsão quantitativa do desempenho que esses usuários com capacidades limitadas terão ao interagir com os recursos dos produtos (LANGDON et al., 2015). Testes ergonômicos de usabilidade de produtos com a inclusão do público idoso podem contribuir para a melhoria da integração desse público com os itens colocados no mercado e respeitar as suas limitações físicas causadas pelo avanço da idade. O maior número de testes também pode trazer o aumento de dados quantitativos e qualitativos disponíveis para compreender o desempenho dos usuários.

Design voltado para o público idoso e usabilidade

As capacidades e limitações da população idosa devem ser compreendidas e levadas em consideração no processo de design e na pesquisa de fatores humanos para garantir que esse segmento da população possa interagir com produtos e sistemas de maneira segura, eficiente e eficaz (NICHOLS; ROGERS; FISK, 2006). Com o avançar da idade, as habilidades psicomotoras, perceptivas e cognitivas decaem. Apesar disso, poucos são os esforços para o desenvolvimento de tecnologias que compensem esse declínio (HIGGINS; GLASGOW, 2012). Para o desenvolvimento de produtos funcionais, eficientes, seguros e atraentes que otimizem as habilidades ou compensem as limitações, é necessário considerar as mudanças advindas da idade nos sentidos e nas capacidades físicas (HAIGH, 1993).

A usabilidade serve como um indicador de quão intuitivo é utilizar um produto e é um dos atributos de qualidade perceptível aos usuários. Essa característica é determinante no sucesso de um produto e influencia diretamente o interesse do usuário em fazer seu uso (SILVA FILHO, 2010).

Um produto útil apresenta uma boa interação entre necessidade e solução, entre usuário e artefato. Avaliações de usabilidade são as abordagens utilizadas para garantir que um produto, sistema ou serviço sejam úteis. Esses testes podem ser realizados tanto para determinar se existem dificuldades de uso ou para descobrir oportunidades de melhorias (NEMETH, 2004).

A maior parte dos estudos que vêm sendo publicados sobre testes de usabilidade com idosos comparam os resultados de usuários idosos com jovens. Segundo Sonderegger, Schmutz e Sauer (2016), esses resultados mostram que, durante o uso de artefatos, o desempenho (eficiência e eficácia) dos idosos é geralmente mais baixo que o dos mais jovens. Ainda segundo os autores, nos estudos em que os artefatos foram reprojatados para aprimorar o desempenho dos idosos, os jovens também foram beneficiados.

Testes virtuais e DHM

Para se alcançar o desempenho total de produtos, muitas ferramentas e tecnologias de fatores humanos ou ergonomia têm evoluído com os anos para auxiliar antecipadamente análises e design. Tal como em muitas áreas da Engenharia, um excelente candidato para essa interação é a modelagem computacional e simulação (SUNDIN; ÖRTENGREN, 2006). A modelagem computacional é bastante difundida com o uso de softwares CAD (Computer Aided Design) e CAE (Computer Aided Engineering), já a simulação nos fatores humanos tem sido aplicada no Digital Human Modeling (DHM).

DHM representa a tecnologia de usar o computador para construir uma representação virtual de uma pessoa para simular movimento e esforços humanos (CHAFFIN et al., 2001). Esses softwares, em sua maioria, modelam ergonomia física (THORVALD; HÖBERG; CASE, 2009) e objetivam promover suporte antropométrico: análises, medidas e avaliações no design do produto e sua produção, analisando virtualmente alcance, visão etc., antes que qualquer objeto físico seja construído (JUNG et al., 2009; SUNDIN; ÖRTENGREN, 2006). Ferramentas de DHM permitem verificar se a tarefa a ser executada com o artefato projetado é aceitável ergonomicamente ou não por prever e analisar quão bem as dimensões de um produto ou sistema produtivo irão adaptar-se às dimensões corporais do futuro usuário e a interação dele com o produto (SUNDIN; ÖRTENGREN, 2006). Essas análises também permitem otimizar os locais de trabalho e minimizar o risco de lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho (LMERT), como aquelas decorrentes de posturas incômodas e uso de força excessiva (CHANDER; CAVATORTA, 2018).

A incorporação de um modelo digital que simula as ações humanas no processo de projeto de produtos tem sido reconhecida como eficaz no desenvolvimento do design de produtos centrados no usuário. O humano digital também pode apresentar informações úteis como biotipo, dimensões, restrições de movimento e sequências de operação em um espaço 3D que devem ser levados em consideração no detalhamento do design. Permitir ao usuário final, representado pelo manequim, interagir com o modelo do produto facilita sua personalização à medida que o projeto se desenvolve (KUO; CHU, 2005).

Apesar de que estudos tenham contribuído muito para o desenvolvimento dos modelos digitais humanos, métodos adequados ao modelamento humano para sistemas CAD ainda não existem em relação aos aspectos de precisão dimensional e confiabilidade dos resultados (BAEK; LEE, 2012). As bases de dados que são usadas para a construção dos modelos digitais humanos são muito limitadas quando se trata de pessoas que fogem do padrão, como é o caso dos idosos (PORTER et al, 2004).

Ainda não foram desenvolvidos modelos científicos de avaliação de usabilidade para softwares DHM. A avaliação de usabilidade nessas ferramentas ocorre da relação entre medidas subjetivas e índices objetivos. As medidas subjetivas podem ser avaliadas por uma combinação ponderada de limitações angulares de articulações e avaliação de alcance (Mochimaru, 2017). Barbé et al. (2012), por exemplo, fazem uma análise de desempenho da tarefa por meio de análises de precisão dos gestos, duração e dificuldade da tarefa usando um software DHM, nesse caso, um estudo de telas sensíveis ao toque em *cockpit* de aeronaves. A análise de usabilidade também é utilizada como apoio para as avaliações ergonômicas realizadas nesses softwares, por essa análise são identificados quais os pontos em que os usuários apresentam maior dificuldade no produto analisado (GIRONIMO et al., 2012).

Problemática e objetivo do estudo

Como foi apontada, a mudança do cenário etário mundial requer uma maior preocupação nos projetos de produtos para que os idosos possam usufruir das opções existentes no mercado de forma adequada. A inclusão dessa população em testes de usabilidade dos produtos acaba trazendo benefícios também para os demais usuários, já que a interação com os artefatos é simplificada.

O uso de softwares de DHM permite que os testes virtuais dos produtos e sistemas sejam realizados em etapas antecipadas do projeto de forma mais rápida e com menor custo, além de não apresentar riscos para os sujeitos por utilizar usuários virtuais/simulados. No entanto, esses programas ainda possuem falhas em compatibilidade com softwares CAD/CAE, além de as empresas necessitarem da aquisição de licença para mais uma ferramenta de projeto. Outros problemas enfrentados no uso desses softwares são a falta

de dados de usuários como as dos idosos, que apresentam algumas de suas habilidades debilitadas devido ao processo de envelhecimento, e ausência de protocolos específicos para análise de usabilidade.

Considerando esse cenário, este trabalho apresenta um estudo inicial de uma proposta de análise de usabilidade de interações físicas, com usuários idosos, realizado em uma plataforma virtual de um software CAD/CAE. Para isso foi desenvolvido e avaliado um procedimento para testes de usabilidade virtuais realizados no software SolidWorks, com foco no usuário idoso. Com esse objetivo foi reproduzido um teste de usabilidade convencional de um controle remoto, realizado com usuários idosos (60 a 85 anos), em um teste de usabilidade virtual na plataforma do SolidWorks, em que o usuário modelado virtualmente apresenta limitações compatíveis às dos usuários participantes do teste convencional, podendo assim comparar os resultados encontrados nos testes.

Para realizar o teste virtual no SolidWorks, trabalhou-se com a hipótese de que o software apresenta ferramentas de simulação que podem ser utilizadas para execução de testes virtuais de usabilidade realizados diretamente na sua plataforma, tendo foco no público idoso, substituindo testes de usabilidade convencionais. Esse software é comumente utilizado no desenvolvimento de projetos de produtos e no ensino superior de cursos relacionados a essa área. A realização desses testes em softwares de modelagem e simulação CAD/CAE pode melhorar a aplicação dessas investigações, pois os usuários desses programas não necessitarão de um treinamento para interagir com uma nova plataforma.

METODOLOGIA

Indivíduos do estudo

Participaram do estudo 25 idosos, 12 homens e 13 mulheres, com idade entre 60 e 85 anos (média=68,19). Os participantes dessa pesquisa não apresentam registros de doenças musculoesqueléticas, neurológicas graves ou baixa acuidade e possuem controle sobre outras possíveis doenças, como diabetes e hipertensão. Esse perfil de usuário foi escolhido para evitar grandes desvios de resultados entre os usuários. Os participantes foram recrutados no Grupo de Estudos da Terceira Idade (Geti) da Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc) e aceitaram voluntariamente participar do estudo, assinando um Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE).

Teste de usabilidade e métricas do estudo

Os testes realizados nesse estudo se deram em três etapas: coleta de dados antropométricos e realização do teste convencional de usabilidade; modelamento e realização dos testes em plataforma virtual; e, por fim, comparação dos resultados dos testes – o convencional e o realizado em plataforma virtual.

A atividade realizada pelos sujeitos pesquisados no teste de usabilidade foi a de pressionar teclas determinadas de um controle remoto de televisão segurando o objeto da forma que o usuário considerasse a mais confortável. A Figura 1 mostra uma representação do controle remoto utilizado. O uso desse produto escolhido para o teste se deu em razão dos resultados da pesquisa de Strehlau, Bacha e Lora (2006), que tinha como objetivo identificar quais atividades de lazer as pessoas da terceira idade se dedicam com maior frequência e agrupá-las segundo faixa etária, renda média e gasto médio; dos 700 participantes com 60 anos ou mais, todos declararam assistir à televisão como uma das atividades de lazer mais frequentes.

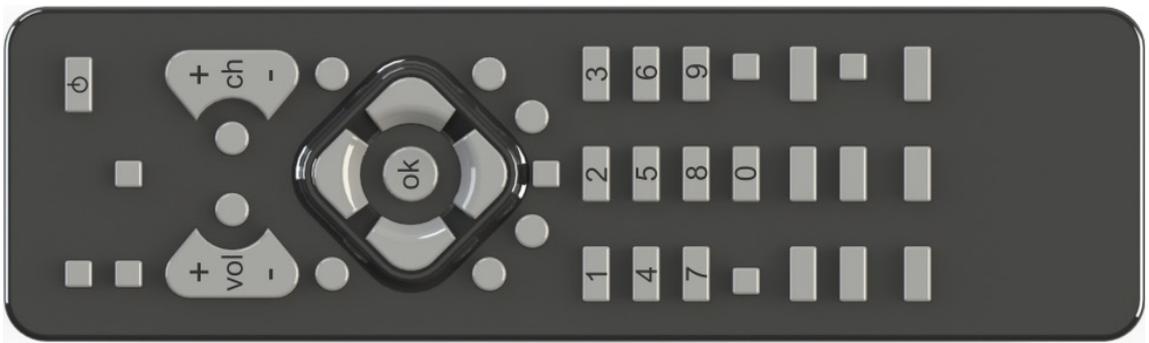


Figura 1: Modelo do controle remoto

Fonte: elaborado pelos autores

Nesse teste foram medidos o sucesso da tarefa e o número de reposicionamentos necessários para efetuar a tarefa. Este último dado se dá pela quantidade de vezes que o indivíduo muda o local de apoio do controle remoto na mão. Na métrica do sucesso da tarefa, o foco é voltado para a limitação de movimentos que ocorre com o envelhecer e como isso pode afetar o acionamento de botões/comandos, assim como a indesejável possibilidade de se apertar mais de um botão simultaneamente. O sucesso da tarefa se dá pelo pressionamento apenas das teclas indicadas. Caso o indivíduo tenha realizado a tarefa com auxílio do mediador, foi considerada a realização parcial da tarefa (sucesso parcial com auxílio). Quando o indivíduo, ao realizar a tarefa tenha cometido erros, como acionar um botão que não correspondia ao solicitado, a tarefa foi tida como de realização parcial com erros. O indivíduo que não conseguiu realizar a tarefa pressionando apenas o botão solicitado e acionando mais de um botão, ou no caso dos botões de canal e volume, nos quais o mesmo botão é dividido em duas regiões, para aumentar ou diminuir, e se for pressionada no meio do botão (região neutra), a tarefa foi considerada como não realizada com sucesso.

As métricas avaliadas na comparação dos resultados dos testes convencional e virtual foram o sucesso da tarefa e número de reposicionamentos do objeto de análise para completar a tarefa. Para a análise do teste de usabilidade convencional utilizou-se da observação para obtenção dos dados. Para o teste virtual foi executada uma experimentação ao se simular o teste realizado anteriormente de forma convencional para comparar esses dados alcançados e, assim, procurar a comprovação da hipótese de que os resultados desses dois tipos de testes não apresentam diferenças estatísticas significativas.

Este trabalho passou por uma avaliação de Comitê de Ética e foi aprovado sob o Número CAAE 21379913.2.0000.0118.

Materiais

Para a realização do estudo foram utilizados controle remoto de grande presença no mercado local, câmera fotográfica e filmadora em tripés, retículo acrílico quadriculado com espaçamento de 5 mm entre as linhas para calibração da imagem, estrutura para manter o retículo perpendicular à superfície de apoio, paquímetro de 150 mm e goniômetro para a coleta de dados. Para o teste virtual foram utilizados os softwares Kinovea para obtenção das medidas das mãos (software livre) e SolidWorks 2014 licenciado para a Universidade do Estado de Santa Catarina.

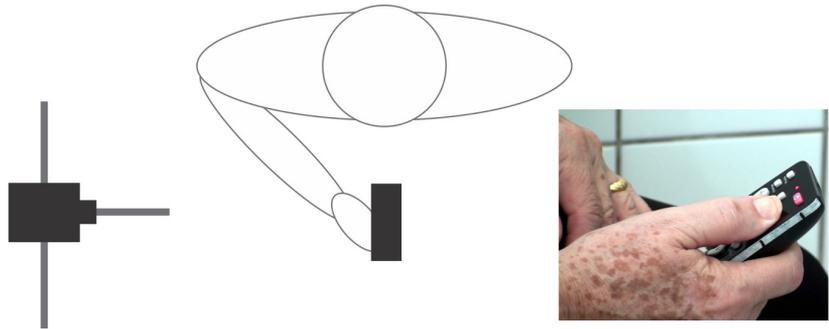
Procedimento de coleta de dados

Os dados deste trabalho foram coletados em dois momentos, teste de usabilidade convencional, seguido da medição de antropometrias com os indivíduos idosos, e a modelagem das antropometrias e execução do teste de forma virtual na plataforma do software SolidWorks.

Para o primeiro momento de coleta de dados, foi adotado o seguinte protocolo: os participantes assinaram o TCLE e foi preenchida uma ficha com dados cadastrais do participante (idade, sexo, membro dominante), após isso o participante foi acomodado na posição sentada, ficando de lado para a câmera filmadora (Figura 2). O objeto do estudo foi apresentado aos participantes visando a redução do número de erros; solicitou-se o acionamento de uma sequência de botões (ligar/desligar, 2, 5, 0, ok, ch+, vol-), que foi registrada em vídeo. Após o término da atividade foi aplicado um questionário pós-teste sobre a percepção da atividade.

Figura 2: Configuração para teste de usabilidade

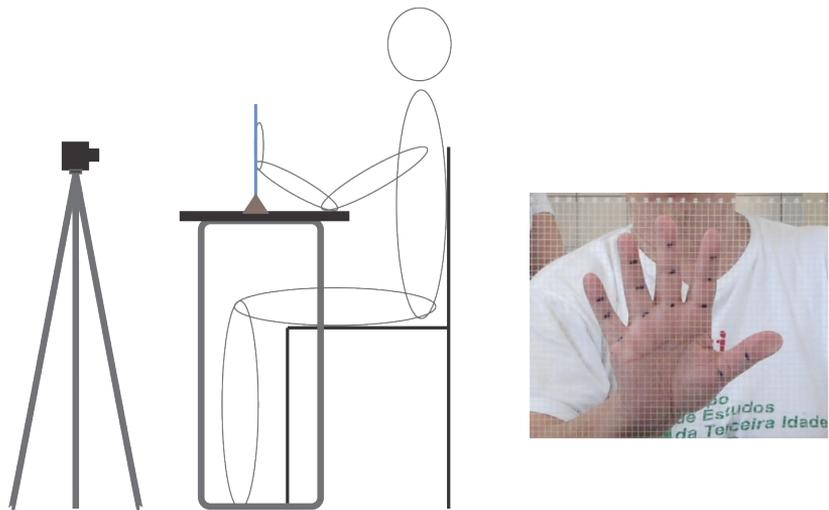
Fonte: Elaborado pelos autores



Para a mensuração das antropometrias, foram destacados com caneta hidrográfica preta os pontos onde se localizam as articulações dos dedos. A mão foi posicionada de forma aberta, com os dedos juntos sobre o retículo acrílico, que mantém o sistema calibrado. A câmera fotográfica foi posicionada perpendicularmente à área palmar sendo fotografada (Figura 3). O mesmo foi realizado para a mão espalmada. Por fim, foram medidas com o goniômetro as flexões máximas das articulações interfalangianas do polegar, e com o paquímetro foram mensurados a ponta do polegar, o diâmetro das articulações dos polegares e a espessura da mão.

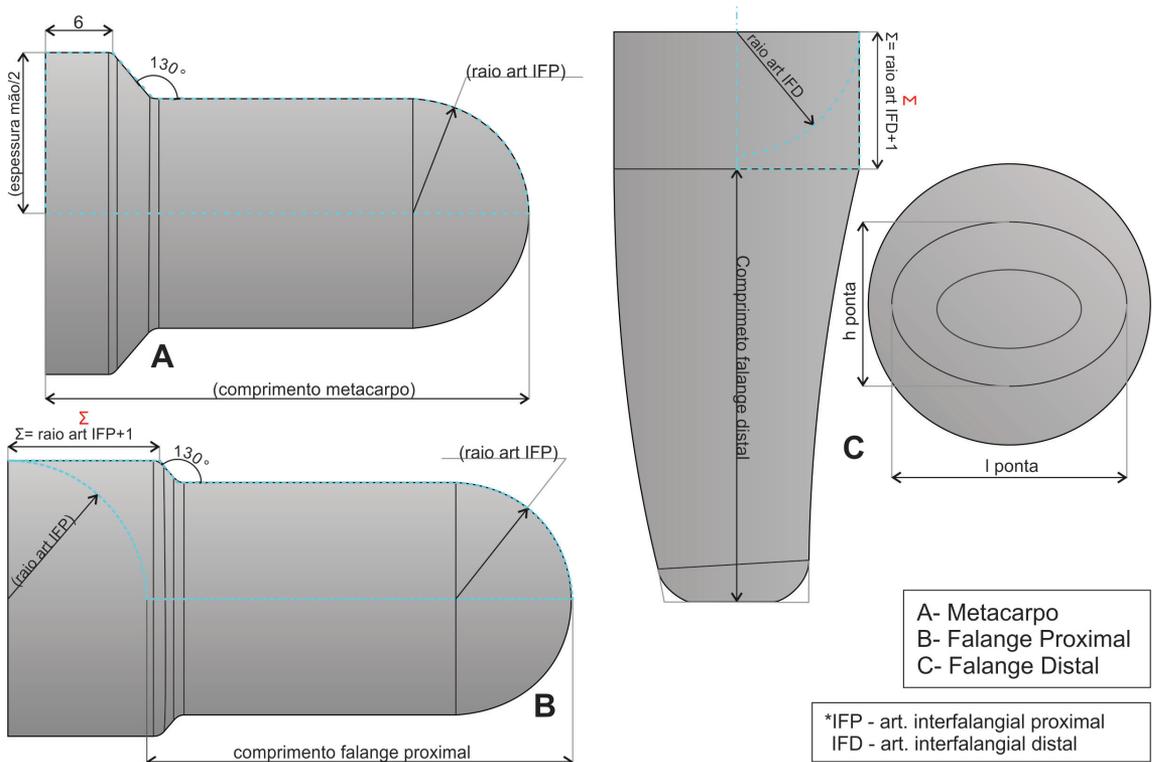
Figura 3: Configuração para fotografia de mãos

Fonte: Elaborado pelos autores



A segunda etapa consistiu no modelamento virtual das antropometrias em plataforma CAD (SolidWorks). As medidas dos polegares dos idosos foram modeladas no software citado, e foi criado um modelo virtual para a simulação da tarefa. Para a modelagem do metacarpo e das falanges proximal e distal do polegar, foram utilizados as medidas da espessura da mão, o diâmetro das articulações interfalangianas proximal e distal, as medidas da ponta do polegar e o comprimento dos segmentos que compõem o polegar para dimensionar os

seus respectivos componentes simulados na modelagem. Os comprimentos dos segmentos do polegar foram obtidos pelas fotografias das mãos por meio do software Kinovea. Para a modelagem foi utilizado o recurso de tabela de projeto para que cada configuração derivada representasse as antropometrias de um dos indivíduos participantes do teste real. A Figura 4 ilustra a modelagem dos segmentos do polegar (metacarpo, falanges proximal e distal).



Com a modelagem de uma réplica do controle utilizado nos testes convencionais e o modelamento aproximado do polegar dos indivíduos idosos, foi elaborado um arquivo de montagem no programa SolidWorks. O controle é posicionado de forma fixa, com a origem da peça coincidente com a do arquivo de montagem alinhando os planos. Na junção do metacarpo e da falange proximal e entre flanges proximal e distal foram efetuados posicionamentos concêntricos e posicionamento avançado de angulação entre os planos superiores, que atribuíram uma angulação mínima e máxima para cada indivíduo, representando uma faixa de flexão de conforto.

Com a análise do comportamento de uso do controle e as medidas das flexões máximas dos indivíduos, determinou-se a faixa de flexão de conforto para as articulações interfalangianas proximal e distal de cada indivíduo. Para determinar as faixas de conforto, foram diminuídos 3° dos limites (máximo e mínimo), sendo a flexão mínima ou de repouso para a articulação interfalangiana proximal de 3° (segundo o apontado por Settineri (1988) para a extensão ativa de 0°) e a máxima se dá pela medida tomada com o goniômetro no usuário -3°. O mesmo se aplica para a flexão máxima da articulação interfalangiana distal, sendo que flexão de repouso é de 8° (5° indicado por Settineri (1988), +3°).

Foram realizados posicionamentos para impossibilitar que algumas posições fossem adotadas pelo modelo de polegar. Essas posturas foram restringidas por serem posições que o usuário não conseguiria adotar ou seriam desconfortáveis. A primeira restrição foi um posicionamento avançado de

Figura 4: Modelagem dos segmentos metacarpo, falange proximal e falange distal

Fonte: Elaborado pelos autores

angulação entre o plano frontal das falanges e a face da superfície do controle remoto, sendo a angulação mínima de 15° e a máxima de 90° (perpendicular). A próxima, um posicionamento avançado de distância entre a face da superfície da interface do controle com o ponto central da base do metacarpo, a distância mínima foi de 12,5 mm (raio da maior articulação metacarpiana medida nos indivíduos), e para distância máxima adotada foi o comprimento do polegar multiplicado pelo seno de 30°, correspondendo à altura que o ponto central da base do metacarpo ficaria com o dedo estendido em uma angulação de 30° relativamente ao controle. A Figura 5 ilustra essas restrições de posicionamento aplicado.

Figura 5: Restrições de movimento – simulação

Fonte: elaborado pelos autores



Para simular a atividade foi feito um posicionamento tangencial entre a ponta da falange distal e a superfície do controle, e para o acionamento de cada botão é feito um posicionamento de coincidência entre o ponto central do botão e a face da ponta da falange distal. Esse posicionamento de coincidência é editado para cada botão correspondente aos utilizados no teste convencional. O posicionamento inicial para cada modelo simulado de um participante pesquisado é no botão ligar com as falanges esticadas ao máximo, dentro das limitações impostas.

Análise de dados

As medidas das mãos foram tomadas por meio das imagens coletadas com o uso do software Kinovea 0.8.15, software gratuito, que, a partir de uma medida conhecida (retículo quadriculado), permite calibrar a imagem e obter as outras medidas. Filmou-se o teste de usabilidade realizado pelos indivíduos estudados e, pela observação do vídeo, foram analisados o sucesso da tarefa e o número de reposicionamentos necessários para realizá-la.

As demais etapas do experimento foram executadas no software SolidWorks. Na simulação do número de reposicionamentos necessários para realizar a tarefa, estipulou-se que, caso a ponta do polegar fique abaixo da base do metacarpo, é necessário um novo posicionamento. Isso foi definido, pois essa posição provavelmente não seria adotada pelo sujeito real por gerar desconforto ou limitação física do conjunto de segmentos que formam a mão. O reposicionamento também é efetuado caso a ponta do polegar não alcance o botão determinado.

Tratamento estatístico

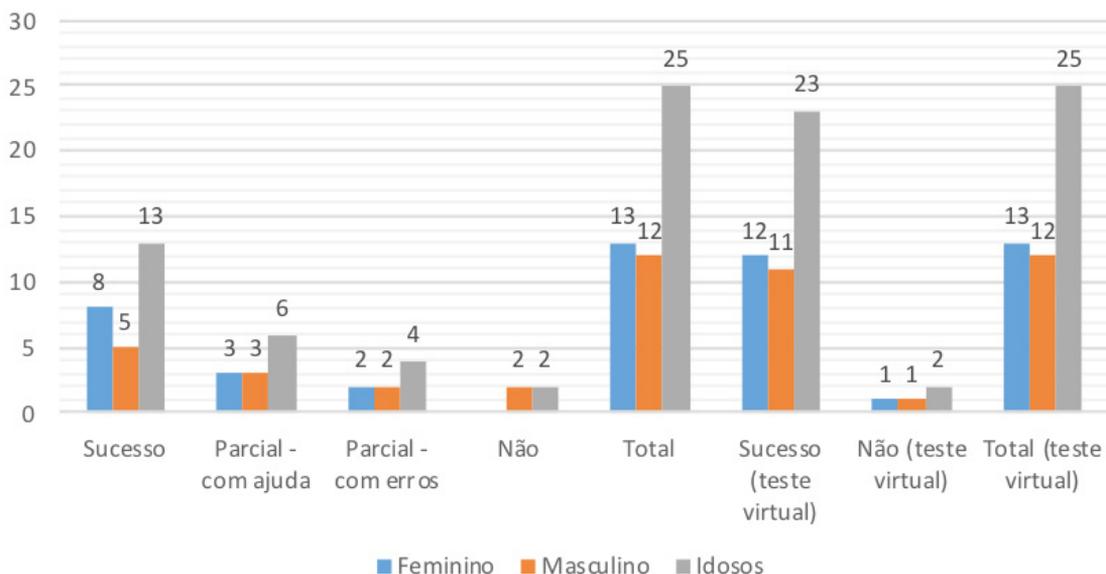
Na comparação entre os resultados do teste convencional com idosos e o teste realizado na plataforma SolidWorks, utilizou-se o teste estatístico de Wilcoxon pareado. Essas comparações foram divididas por sexo e então comparadas entre os resultados dos testes convencional e simulado. O nível de significância empregado foi de 5% ($\alpha=0,05$), procurando um nível de confiabilidade dos dados de 95%. Os testes estatísticos foram realizados no software IBM SPSS Statistics licenciado para Universidade do Estado de Santa Catarina.

RESULTADOS

Sucesso da tarefa

No teste convencional de usabilidade 13 participantes obtiveram sucesso ao realizar a tarefa (8 mulheres, 5 homens), 6 realizaram a tarefa parcialmente com ajuda do moderador (3 mulheres e 3 homens) e 4 alcançaram um resultado parcial com erros (2 mulheres, 2 homens), enquanto 2 homens não completaram a tarefa. No teste virtual com usuários simulados, 23 concluíram a tarefa com sucesso (12 mulheres, 11 homens) e 2 não completaram a tarefa (1 mulher e 1 homem). O Gráfico 1 mostra ilustra esses resultados.

Gráfico 1: Sucesso da tarefa



Fonte: elaborado pelos autores

Para comparar os resultados encontrados pelos testes convencional e virtual, utilizou-se o teste de hipótese de Wilcoxon. Para essa análise, os dados de sucesso parcial (com auxílio e com erros) no teste convencional foram considerados como sucesso da tarefa, pois no teste virtual não foi possível simular as questões cognitivas que levam ao resultado de sucesso parcial. O teste indicou que não existe uma diferença significativa dos resultados encontrados para sucesso da tarefa no teste convencional comparado ao virtual, o valor de “p” encontrado foi de 0,564. No tratamento estatístico quando realizado agrupando os idosos por sexo, o valor encontrado no teste para mulheres idosas foi de $p=0,317$ e para homens idosos, $p=1$. Isso sugere que os homens idosos apresentam resultados tendendo a igualdade entre os métodos e maior similaridade estatística do que as mulheres idosas.

Número de reposicionamentos para completar a tarefa

No teste convencional houve sujeitos que realizaram a tarefa sem reposicionamentos do objeto e sujeitos que realizaram até 6, tendo uma mediana de 2 reposicionamentos. No teste virtual a variação entre o número máximo e mínimo de reposicionamentos é menor, sendo o mínimo zero e o máximo 2. A mediana nesse caso é de nenhum reposicionamento do objeto. A Tabela 1 apresenta os resultados dos testes agrupados por sexo.

Tabela 1: Resultados do número de reposicionamentos agrupados por sexo

Nº de reposicionamentos	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	DP*	IC** lower	IC upper
Homens (convencional)	1	6	2,67	2	1,43	1,75	3,58
Mulheres (convencional)	0	6	1,77	1	1,69	0,75	2,79
Teste convencional (H+M)	0	6	2,20	2	1,60	1,54	2,86
Homens (virtual)	0	2	0,33	0	0,77	-0,16	0,83
Mulheres (virtual)	0	2	1,23	2	1,01	0,62	1,84
Teste virtual (H+M)	0	2	0,80	0	1,00	0,39	1,21

Fonte: elaborado pelos autores

*DP: desvio padrão.

**IC: índice de confiança (inferior e superior).

Na comparação dessa variável entre os testes convencional e virtual também foi utilizado o teste de Wilcoxon. O resultado para o grupo dos usuários idosos foi $p=0,002$, apontando para a existência de diferença significativa dessa medida entre os testes. Também aplicou-se o teste de Wilcoxon com os dados dos grupos idosos pareados por sexo. O resultado encontrado para os homens está condizente ao encontrado para o grupo, indicando que há diferença significativa entre os testes real e virtual ($p=0,004$). Para as mulheres idosas o resultado foi $p=0,271$, adotando-se a hipótese de que não existe diferença significativa de reposicionamentos para realização da tarefa entre o teste real e virtual.

DISCUSSÃO – CONCLUSÃO

Este trabalho foi motivado pelo envelhecimento populacional, pela necessidade da adequação de projetos e produtos para esses usuários e pela possibilidade de os meios virtuais de avaliação ergonômica e usabilidade poderem ser uma forma rápida e de baixo custo no desenvolvimento de produtos. Com isso, procurou-se elaborar e avaliar um procedimento para testes de usabilidade virtuais de idosos, realizados em um software de desenvolvimento de projetos de amplo uso na área de Design de Produtos (SolidWorks).

Os dados antropométricos e a análise do uso do controle remoto permitiram a modelagem e configuração dos movimentos na plataforma do SolidWorks de acordo com as características dos idosos para realizar os testes virtuais nessa plataforma. Para a configuração dos movimentos e as limitações, foram usadas as opções de posicionamento dos arquivos de montagem do SolidWorks.

Avaliaram-se nos testes convencional e virtual as métricas de sucesso da tarefa e o número de reposicionamentos necessários para sua realização. A métrica de sucesso da tarefa não apresentou diferenças estatísticas significativas entre os resultados. No entanto, essa é uma métrica que pode ter relações com a cognição, o que, ao considerarmos os resultados de sucesso parcial como sucesso da tarefa para a comparação dos testes, pode ter levado a essa resolução. A atividade avaliada se mantém constante no cotidiano dos sujeitos, sendo menos influenciada pelo envelhecimento, portanto, considerando a afirmação de Spirduso (2005) de que as perdas de força quase não são perceptíveis nos músculos que permanecem ativos, o mesmo poderia ser aplicado a uma atividade que se manteve presente ao longo da vida. Por esse motivo, essa variável não foi considerada como a ideal para avaliar a execução de testes virtuais de usabilidade pelo SolidWorks.

A avaliação do número de reposicionamentos para realizar a tarefa apontou para uma diferença significativa dos resultados, o que leva a conclusão de que a avaliação ergonômica virtual da usabilidade do controle remoto na plataforma do SolidWorks, no momento, não substitui o teste tradicional, ao menos com o modelo proposto neste trabalho. No entanto, essa mesma variável,

quando avaliada apenas com as mulheres idosas, aponta um resultado em que não há uma diferença significativa entre o teste realizado na plataforma do software SolidWorks e o tradicional. Defende-se que, com a continuidade de estudos para o aprimoramento do método de avaliação na plataforma do software, esse resultado pode atingir também outros grupos de usuários.

O comportamento humano é uma limitação nas ferramentas de simulação de uso. No caso deste estudo, não foi possível inserir componentes cognitivos à simulação. Os participantes idosos apresentaram posturas de uso variadas ao executar uma mesma tarefa, cada usuário adota a postura de sua preferência, que julga ser a mais confortável, e essas escolhas pessoais não podem ser simuladas. Por ter-se adotado um padrão para a simulação, essa questão de preferências pessoais pode influenciar na comparação dos resultados do teste virtual e do tradicional, tanto para a métrica de sucesso da tarefa quanto para o número de reposicionamentos necessários para realizá-la.

A forma como os dados foram coletados poderia ter auxiliado no estudo do comportamento de uso dos indivíduos pesquisados. Se durante a realização da tarefa tivessem sido usados sensores ou acelerômetros, poder-se-iam obter dados que especificassem os ângulos que o dedo de acionamento adotou durante a atividade. As limitações encontradas neste estudo ocorreram em parte por ser uma pesquisa inicial na área de análise ergonômica em um software CAD/CAE, e em trabalhos futuros dessa área será possível corrigir essas limitações para se obterem melhores resultados.

Para possibilitar que o teste virtual de usabilidade na plataforma do SolidWorks tenha resultados similares ao teste convencional, sugere-se que em estudos futuros sejam coletados dados de um número maior de sujeitos para alcançar um estudo amplo do comportamento do uso do controle remoto. Dentre os dados coletados é importante controlar a angulação exata que o dedo de acionamento adota ao executar cada movimento no botão durante a tarefa, para então poder reproduzir esse comportamento na simulação do teste. Também sugere-se que se faça a mensuração das mãos com uso de scanner 3D, tendo dados mais próximos ao real, bem como medir a força e amplitude de movimento de todas as articulações da mão. Com esses dados é possível modelar toda a mão dos indivíduos e replicar com maior eficácia o desempenho dos usuários na plataforma do SolidWorks.

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos às instituições de apoio e fomento à pesquisa: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- BAEK, S. Y.; LEE, K. Parametric human body shape modeling framework for human-centered product design. **Computer-Aided Design**, Amsterdam, v. 44, n. 1, p. 56-67, 2012.
- BARBÉ, J. et al. Physical ergonomics approach for touch screen interaction in an aircraft cockpit. In: CONFERENCE ON ERGONOMIE ET INTERACTION HOMME MACHINE, 17-19 out. 2012, Biarritz. **Anais...** New York: ACM Press, 2012.
- CHAFFIN, D. B. et al. **Digital human modeling for vehicle and workplace design**. Pittsburgh: Society of Automotive Engineers, 2001.
- CHANDER, D. S.; CAVATORTA, M. P. Multi-directional one-handed strength assessments using AnyBody Modeling Systems. **Applied Ergonomics**, Amsterdam, v. 67, p. 225-236, 2018.
- EHMEN, H. et al. Comparison of four different mobile devices for measuring heart rate and ECG with respect to aspects of usability and acceptance by older people. **Applied Ergonomics**, Amsterdam, v. 43, n. 3, p. 582-587, 2012.
- SILVA FILHO, A. M. Avaliação de usabilidade: "Separando o joio do trigo". **Revista Espaço Acadêmico**, Maringá, n. 112, p. 10-14, 2010.
- GIRONIMO, G. et al. A top-down approach for virtual redesign and ergonomic optimization of an agricultural tractor's driver cab. In: BIENNIAL CONFERENCE ON ENGINEERING

- SYSTEMS DESIGN AND ANALYSIS, 11., 02-04 jul. 2012, Nantes. **Anais...** New York: ASME, 2012.
- HAIGH, R. The ageing process: a challenge for design. **Applied Ergonomics**, Amsterdam, v. 24, n. 1, p. 9-14, 1993.
- HIGGINS, P. G.; GLASGOW, A. Development of guidelines for designing appliances for older persons. **A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation**, Amsterdam, v. 41, n. 1, p. 333-339, 2012.
- JUNG, M. et al. Integrated framework for vehicle interior design using digital human model. **Journal of Computer Science and Technology**, New York, v. 24, n. 6, p. 1149-1161, 2009.
- KOHLBACHER, F.; HERSTATT, C.; SCHWEISFURTH, T. Product development for the silver market. In: KOHLBACHER, F.; HERSTATT, C. **The Silver Market Phenomenon: marketing and innovation in the aging society**. 2. ed. New York: Springer, 2010. p. 3-13.
- KUO, C. F.; CHU, C. H. An online ergonomic evaluator for 3D product design. **Computers in Industry**, Amsterdam, v. 56, n. 5, p. 479-492, 2005.
- LANGDON, P. et al. A framework for collecting inclusive design data for the UK population. **Applied Ergonomics**, Amsterdam, v. 46, p. 318-24, 2015.
- MOCHIMARU, M. Digital human models for human-centered design. **Journal of Robotics and Mechatronics**, Tokyo, v. 29, n. 5, p. 783-789, 2017.
- NEMETH, C. P. **Human factors methods for design: making systems human-centered**. Boca Raton: CRC Press, 2004.
- NICHOLS, T. A.; ROGERS, W. A.; FISK, A. D. Design for Aging. In: SALVENDY, G. **Handbook of human factors and ergonomics**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006. p. 1418-1445.
- PORTER, J. M. et al. "Beyond Jack and Jill": designing for individuals using HADRIAN. **International Journal of Industrial Ergonomics**, Amsterdam, v. 33, n. 3, p. 249-264, 2004.
- SETTINERI, L. I. C. **Biomecânica: noções gerais**. São Paulo: Livraria Atheneu, 1988.
- SPIRDUSO, W. W. **Dimensões físicas do envelhecimento**. Barueri: Manole, 2005.
- SONDEREGGER, A.; SCHMUTZ, S.; SAUER, J. The influence of age in usability testing. **Applied Ergonomics**, Amsterdam, v. 52, p. 291-300, 2016.
- STREHLAU, V.; BACHA, M.; LORA, M. Idosos não são iguais: uma análise de agrupamentos sobre as atividades de lazer da terceira idade. In: ENCONTRO DE MARKETING DA ANPAD, 2., 3-5 maio 2006, Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro: Gráfica Editora Palotti, 2006.
- SUNDIN, A.; ÖRTENGREN, R. Digital human modeling for CAE applications. In: SALVENDY, G. **Handbook of human factors and ergonomics**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006. p. 1053-1078.
- THORVALD, P.; HÖGBERG, D.; CASE, K. Incorporating cognitive aspects in digital human modeling. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DIGITAL HUMAN MODELING - HCII, 13., 19-24 jul. 2009, San Diego. **Anais...** Berlin: Springer, 2009.

Mayara Ramos
mayara.ramos@gmail.com

Alexandre Amorim de Reis
alexandre.reis@pq.cnpq.br

CONTRIBUIÇÃO DA MODELAGEM BIM PARA FACILITAR O PROCESSO DE ACV DE EDIFICAÇÕES COMPLETAS

CONTRIBUTION OF BIM-AIDED DESIGN TO FACILITATE THE LIFE CYCLE ASSESSMENT OF WHOLE BUILDINGS

Vanessa Gomes¹, Natalia Nakamura Barros¹

RESUMO: A combinação de estratégias de projeto sustentável e BIM pode mudar as práticas tradicionais e produzir de forma eficiente um projeto de alto desempenho, mas ainda esbarra em dificuldades de interoperabilidade de software. A extração automática é o mais citado dentre os apoios potenciais que modelos BIM oferecem à realização de análises ambientais. O exame da literatura não confirma a validação desse procedimento por especialistas de avaliação do ciclo de vida (ACV), mas registra estudos incipientes para aumentar a integração de BIM e ACV. Este artigo explora contribuições da modelagem BIM para facilitar o processo de ACV de edificações completas. Procura-se verificar as hipóteses de que (1) a extração automática de quantitativo de materiais a partir de modelo com nível de desenvolvimento (LOD) 300 contribui positivamente para a realização de ACV (BIM+LCA) e (2) a inserção de parâmetros ambientais diretamente no modelo e na execução de cálculos dentro do próprio programa BIM (BIM4LCA) pode aumentar significativamente essa contribuição. Utilizou-se o software BIM Revit Architecture 2016 para modelagem dos elementos arquitetônicos, estruturais, hidrossanitários e de condicionamento artificial. Analisamos as variações entre a quantificação de referência – realizada manualmente, a partir de documentos de projeto – e aquela obtida por extração automática, assim como a adequabilidade do LOD utilizado para fins de ACV. A variação discreta (até 12%) entre as quantificações confirma a validade da extração automática para realização de ACV e da modelagem em LOD 300 para o nível de acurácia praticado atualmente. Na segunda parte do estudo, demonstramos que modelos BIM podem ser preparados para facilitar ACV (BIM4LCA) de forma operacionalmente simples, mas de grande efetividade. Em novos desenvolvimentos de projetos, esse modo pode fornecer feedback rapidamente – ainda que unidirecional – e fundamentar uma tomada de decisão mais robusta para elevar desempenho ambiental de edificações, enquanto o emprego de tecnologias de “extração, transformação e carregamento” (ETL) ou a interoperabilidade completa não se tornarem prática comum.

PALAVRAS-CHAVE: BIM; ACV; Integração; Extração Automática; Mapa de Processo.

ABSTRACT: Combining sustainable design strategies and BIM can change traditional practices and efficiently lead to high-performance designs, however, this is still impaired by deficient software interoperability. Automatic extraction is one of the most cited ways that BIM models can support environmental analyses. Though the reviewed literature does not confirm validation of this procedure by life cycle assessment (LCA) experts, it presents incipient procedures to systematically increase the use of BIM for LCA. This article explores the contributions offered by BIM to facilitate and improve the LCA of whole buildings. Our study sought to verify the hypotheses that: (1) the quantitative automatic extraction of the bills of materials from BIM models with a level of development (LOD) 300 positively contributes to LCA processes (BIM+LCA); and (2) embedding environmental parameters and calculations within the model to extract calculated impacts (BIM4LCA) can significantly improve such contribution. We used the software Revit Architecture 2016 to model the architectural, structural, sanitary and HVAC elements. We analyzed the variations between the baseline (manually performed, based on design documents) and BIM-supported automatically extracted bill of materials, as well as the suitability of the used LOD for LCA. We also showed that BIM models can be prepared to facilitate LCA (BIM4LCA) through a low complexity,

How to cite this article:

GOMES, V.; BARROS, N. N. Contribuição da modelagem BIM para facilitar o processo de ACV de edificações completas. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 13, n. 2, p. 19-34, 2018. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v13i2.142139>

¹ Universidade Estadual de Campinas

Fonte de financiamento:
Declararam não haver

Conflito de interesse:
Declararam não haver

Submetido em: 31/12/2017

Aceito em: 06/03/2018



high effectiveness operational measure. This procedure can provide reasonably quick feedback to support decision-making and enhance the environmental performance of new building designs, until 'extraction, transformation and loading' (ETL) technologies or full interoperability become mainstream practice.

KEYWORDS: BIM; LCA; Integration; Automatic Extraction; Process Mapping.

INTRODUÇÃO

Os impactos relacionados à produção e utilização de edificações são significativos e, mundialmente, correspondem a mais de 40% do consumo de energia e cerca de 30% das emissões de gases de efeito estufa (IPCC, 2014; UNEP, 2009a; UNEP, 2009b).

As estratégias delineadas para sustentabilidade de edificações permeiam diferentes campos de atuação e envolvem múltiplos agentes. Da perspectiva dos projetistas, uma das barreiras mais importantes a transpor consiste no desconhecimento do desempenho ambiental de soluções à medida em que são incorporadas a um projeto, principalmente em seus estágios iniciais de desenvolvimento. A limitação de informação disponível no ambiente de trabalho e formato familiar aos projetistas impedem as iterações necessárias para testar e modificar proposições até se chegar a um desempenho ambiental otimizado e satisfatório.

A modelagem de informação da construção (BIM) pode ser definida como um processo de geração, gestão, troca e compartilhamento de informações multidisciplinares da construção de forma interoperável e reutilizável (VANLANDE; NICOLLE; CRUZ, 2008), que oferece benefícios em todas as fases do ciclo de vida de um empreendimento (BECERIK-GERBER; KENSEK, 2010; BYNUM; ISSA; OLBINA, 2013; MEADATI; IRIZARRY; AKHNOUKH, 2011).

A combinação de estratégias de projeto sustentável e de modelagem de informação da construção torna-se especialmente útil para avaliar aspectos de sustentabilidade e apoiar a tomada de decisão correspondente durante o desenvolvimento de projeto (SCHADE et al., 2013; WONG; FAN, 2013), particularmente no que toca a seleção de materiais, redução do consumo material e aumento no conteúdo reciclado (KRYGIEL; NIES, 2008), com potencial de economia significativa de tempo e recursos (AZHAR, 2010) e transformar radicalmente as práticas tradicionais (AZHAR et al., 2011).

A avaliação de ciclo de vida (ACV ou LCA, da expressão "*life cycle assessment*") é fundamental para alcançar as metas estabelecidas globalmente para diminuir os impactos dos edifícios. A utilização de tal procedimento na prática projetual é uma das principais peças que faltam para permitir a responsabilização ambiental rápida de decisões de projeto e para orientar a tomada de decisões na busca de soluções avançadas. BIM pode ajudar e deve ser explorado nesse sentido.

Na ACV tradicional, uma vez que o objetivo é definido, todos os quantitativos são extraídos manualmente e só então a avaliação é processada em software especializado. Se há mudanças na solução, a listagem de material deve ser reprocessada a cada vez. A interoperabilidade completa entre BIM e ACV permitiria exportação direta de informações do modelo para realizar cálculo ambientais numa plataforma ACV, que, por sua vez, devolveria automaticamente os resultados para avaliação no ambiente BIM.

Enquanto esse cenário ideal não se concretiza através de programas e/ou plug-ins, soluções intermediárias podem facilitar o processo de avaliação ambiental. A mais simples delas consiste na extração automática de informações a partir do modelo, como quantitativos de matérias, por exemplo. O principal impacto do procedimento de extração automática de quantitativos de materiais ocorre na etapa de análise de inventário da ACV, especificamente durante a coleta de dados da edificação. Havendo alterações no modelo do projeto, os quantitativos de materiais são atualizados automaticamente, sem repetir a demorada tarefa de coletar dados manualmente a partir dos projetos 2D.

No entanto, apesar de estudos confirmarem essa possibilidade (ALWAN; JONES, 2014; DIAZ; ANTON, 2014; IDDON; FIRTH, 2013; PENG, 2014; SHADRAM et al., 2015), ao realizarem a revisão sistemática de literatura, Barros e Silva (2016) não encontraram registros de validação desse procedimento por analistas de ACV, e a ênfase dos trabalhos mantém-se na perspectiva de desenvolvimentos em BIM.

Para auxiliar no preenchimento dessa lacuna de conhecimento, este artigo explora contribuições da modelagem BIM para facilitar o processo de ACV de edificações completas. Procura-se verificar as hipóteses de que (1) a extração automática de quantitativo de materiais a partir de modelo com nível de desenvolvimento (LOD) 300 contribui positivamente para a realização de ACV (BIM+LCA) e (2) a inserção de parâmetros ambientais diretamente no modelo e execução de cálculos dentro do próprio programa BIM (BIM4LCA) é uma medida operacionalmente simples, mas de grande impacto positivo, capaz de fornecer feedback rápido e fundamentar uma tomada de decisão mais robusta.

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE EDIFICAÇÕES – ACV (LIFE CYCLE ASSESSMENT – LCA)

A técnica de ACV modela o ciclo de vida de um produto por meio de seu sistema de produto, que consiste nas fases pelas quais o sistema passará do berço ao túmulo ou “fim de vida” (SAADE, 2013). A NBR ISO 14044 divide a realização de ACV em quatro fases: definição do objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impacto e interpretação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009a).

O objetivo e o escopo devem declarar a aplicação pretendida, as razões para conduzir o estudo e o público-alvo, além de descrever claramente o procedimento de condução da ACV (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009b).

A análise de inventário do ciclo de vida (ICV) envolve a coleta de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto. Dados qualitativos e quantitativos para inclusão no inventário são coletados para cada unidade de processo que esteja incluída dentro das fronteiras de sistema estabelecidas. Os procedimentos usados para a coleta de dados podem variar dependendo do escopo, da unidade de processo ou da aplicação pretendida para o estudo. Esses dados constituem a entrada para a avaliação do impacto do ciclo de vida (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009b). O processo de condução de uma análise do inventário é iterativo. Na medida em que os dados são coletados e se conhece melhor o sistema, podem ser identificados novos requisitos ou limitações que requeiram revisões do estudo e mudança nos procedimentos de coleta (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009b).

A fase de avaliação do impacto da ACV trata da relevância de impactos ambientais potenciais, a partir dos resultados da análise de inventário. O objetivo dessa etapa é explicitar os impactos decorrentes das cargas ambientais calculadas na análise de inventário, transformando os resultados da etapa anterior em resultados ambientalmente relevantes, relacionando-os a impactos específicos, como acidificação e depleção da camada de ozônio (BAUMANN; TILLMAN, 2004). Nível de detalhamento, escolha dos impactos avaliados e metodologias utilizadas dependem do objetivo e do escopo do estudo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009b).

MODELAGEM DE INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM)

A modelagem de edifícios baseada em sólidos 3D foi desenvolvida no final da década de 1970 e início da de 1980. A atual geração de ferramentas BIM para projetos de arquitetura desenvolveu-se a partir das capacidades da modelagem paramétrica baseada em objetos e foi desenvolvida inicialmente

para sistemas mecânicos. Objetos paramétricos podem ser caracterizados como objetos que possuem dados e regras associados que compõem geometrias integradas, sem inconsistências, e que permitem a modificação automática. Eles possibilitam diferentes níveis de agregação, podendo vincular-se a ou receber, divulgar ou exportar conjuntos de atributos (EASTMAN et al., 2008).

Os modelos BIM podem ser caracterizados pelo nível de desenvolvimento (LOD) em que eles se encontram. O LOD descreve o nível mínimo de informação dimensional, espacial, quantitativa, qualitativa, entre outras, incluído em um elemento de modelo, e apoia os usos autorizados associados a cada LOD. É uma medida que reflete a maturidade da informação e sua riqueza e está presente ao longo de todas as fases do projeto (AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 2013).

O American Institute of Architects (AIA) desenvolveu o seu primeiro conjunto de definições de LOD em 2008, no documento AIA Document E202 – *Building information modeling protocol exhibit*. Devido à rápida evolução do uso de BIM, em 2013 o AIA revisou a E202 e publicou os documentos AIA Document E203: *Building information modeling and digital data exhibit*; AIA Document G201: *Project digital data protocol form* e AIA Document G202: *Project building information modeling protocol form*, que são acompanhados por um guia (BEDRICK, 2013). Cada LOD especifica um tipo de modelo e mostra em qual nível se encontra (AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 2013), facilitando a troca de informações entre os agentes envolvidos no processo de projeto da edificação:

- O LOD 100 é equivalente ao *projeto conceitual*. O modelo consiste em um *indicativo* de área, altura, volume, localização e orientação que podem ser modelados em três dimensões ou representados por outros dados. Ele pode ser utilizado para análise conceitual, para estimativas de custos primárias e para planejamento da obra e duração total em termos gerais.
- O LOD 200 é equivalente ao *desenho esquemático*, no qual os elementos são modelados como *sistemas generalizados ou conjuntos com quantidades aproximadas*, tamanho, forma, localização e orientação. Esse modelo pode ser utilizado para análises aproximadas de desempenho de sistemas a partir da aplicação de critérios gerais, para estimativas de custos, estabelecimento de quantitativos e durações para a instalação, bem como os prazos de entrega dos equipamentos.
- No LOD 300 os elementos são modelados como *conjuntos específicos precisos* em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. É adequado para a geração de documentos de construção. Além disso, esse modelo pode ser utilizado para análise detalhada de sistemas de condicionamento artificial, determinação da carga e simulação estrutural, estimativa de custos precisa, mostrar a aparência em escala de tempo de elementos detalhados e sistemas e para a detecção de conflitos.
- No LOD 400 os elementos são modelados com *medidas precisas* em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação com detalhamento da fabricação completa, montagem e informações. Nesse, os elementos do modelo são *representações virtuais* do elemento proposto e são adequados para construção. Esse modelo pode ser utilizado para análise de desempenho aprovado, estimativas de custos reais e mostrar os meios e métodos de construção da edificação.
- O LOD 500 pode ser visto como um modelo *as built*, no qual os elementos são modelados como *conjuntos reais e precisos* em termos de tamanho,

forma, localização, quantidade e orientação. Pode ser utilizado para manutenção, alteração e modificação no projeto, gestão de programas de manutenção programada e reacionária que podem ser catalogados e arquivados durante toda a vida do edifício e reformas futuras, usando o modelo como base para projetar as próximas modificações.

O propósito da utilização do modelo BIM (por exemplo, em estimativa de custos, simulação de energia e criação de desenhos de fabricação) é o principal definidor do seu LOD (LEITE et al., 2011). Mesmo para apoiar a realização de ACV, o LOD do modelo BIM pode variar, dependendo do objetivo e escopo para elas estabelecido.

ESTADO ATUAL E DESAFIOS PARA INTEGRAÇÃO DE ACV E BIM

Na prática atual de ACV, o analista inspeciona os documentos de projeto e construção manualmente para determinar os insumos materiais, estimar o consumo de energia operacional e, em seguida, transferi-los para algum software de cálculo específico (DIAZ; ANTON, 2014; RIST, 2011). Essa avaliação – quando realizada – ocorre geralmente depois que o projeto da edificação está completo, e alterações são caras e de difícil implementação (DAWOOD et al., 2009), ainda que os impactos ambientais de uma edificação sejam determinados principalmente a partir de decisões tomadas nos estágios iniciais de projeto (BASBAGILL et al., 2013; DIAZ; ANTON, 2014; KULAHCIOGLU et al., 2012). Com isso, perde-se o principal benefício conceitual de processos de projeto apoiados por BIM: compartilhamento de informações multidisciplinares em um único ambiente que permita múltiplos ciclos de quantificação, análise e intervenção até convergir para uma solução de projeto ambientalmente otimizada.

A integração de ACV-BIM permitiria estimar rapidamente impactos ambientais relevantes (IDDON; FIRTH, 2013) e retornar essas informações ao projetista para embasar e refinar suas especificações de materiais e componentes iterativamente no desenvolvimento de projetos. No entanto, essa ainda não é uma prática possível, principalmente pela falta de *informações ambientais* sobre os materiais e componentes armazenados no banco de dados; e de *interoperabilidade* entre as ferramentas de projeto e de análises ambientais de edifícios (BECERIK-GERBER; KENSEK, 2010; JRADE; JALAEI, 2013).

Como a etapa de análise de inventário concentra a maior parte do tempo e esforço empreendidos na condução de uma ACV, ferramentas que automatizem o levantamento de dados são particularmente benéficas. Se os objetos que compõem o modelo BIM já contiverem as informações ambientais necessárias, grande parte dos dados de materiais podem ser exportados automaticamente do modelo (YUNG; WANG, 2014). Essas informações ambientais precisam ser retiradas de bases de dados de inventários de ciclo de vida, levantados para o contexto de avaliação. Esta é uma das maiores limitações intrínsecas à técnica de ACV e, portanto, fora do escopo deste trabalho.

Os desenvolvimentos recentes em interoperabilidade têm focado na interação com software para simulação de desempenho energético operacional, e a interoperabilidade prática com as ferramentas especializadas de ACV segue negligenciada (SHADRAM et al., 2016). Isso aumenta tempo, esforço e risco de erros durante a reinserção manual de dados, seja no modelo ou em software especializado, e dificulta a otimização integrada de impactos incorporados e operacionais (SHADRAM; MUKKAVAARA, 2018).

Publicações específicas na interface ACV-BIM concentram-se na aplicação simplificada de ACV, normalmente enfocando emissões de CO₂ nos estágios iniciais de projeto (SOUST-VERDAGUER; LLATAS; GARCÍA-MARTÍNEZ, 2017), e em métodos para integrar, em processos de projeto apoiados por BIM, ferramentas convencionais de ACV (estágio BIM+LCA, na Figura 1), ainda incapazes de distinguir diferentes fornecedores e cadeias de suprimentos e sem incorporar consistentemente dados de produtos específicos verificados – como declarações ambientais de produtos (EPD), por exemplo (SHADRAM et

al., 2016). Shadram et al. (2016), Barros e Silva (2016), e Shadram e Mukkavaara (2018) apresentam bons sumários das principais iniciativas.

Até que as dificuldades de interoperabilidade de software sejam sanadas, as tecnologias de “extração, transformação e carregamento” (ETL, da expressão “*extraction, transformation and loading*”) constituem uma oportunidade importante para aumentar a integração ACV-BIM (estágio 3 na Figura 1).

Ferramentas ETL estabelecem processos repetitivos para extrair dados de fontes múltiplas e heterogêneas; transformar os dados extraídos em um formato ou estrutura consistente; e finalmente carregar os dados transformados de volta a base de dados ou aplicativo (SHADRAM; MUKKAVAARA, 2018). Recursos ETL já foram usados em outras disciplinas para superar problemas de interoperabilidade e gerenciar grandes conjuntos de dados contendo informações de múltiplas fontes, que podem ser gravadas em diferentes formatos, usando diferentes modelos de dados (BIMONTE et al., 2014, KIMBALL; CASERTA, 2004), o que sugere potencial para utilização no setor de arquitetura, engenharia, construção e operação (Aeco). No entanto, o uso de ETL no contexto de BIM ainda é pouco explorado (SHADRAM; MUKKAVAARA, 2018).

Nesse sentido, destaca-se a framework proposta por Shadram et al. (2016) para que definições de projeto fossem feitas paralelamente ao emprego de processos ETL para automatizar o cálculo de impactos incorporados em componentes, a partir de EPD de produtos específicos, e rastrear a distância entre esses fornecedores e o local da construção. A substituição de componentes na biblioteca usada no modelo BIM permitiria atualizar as informações necessárias ao cálculo dos impactos incorporados e de transporte.

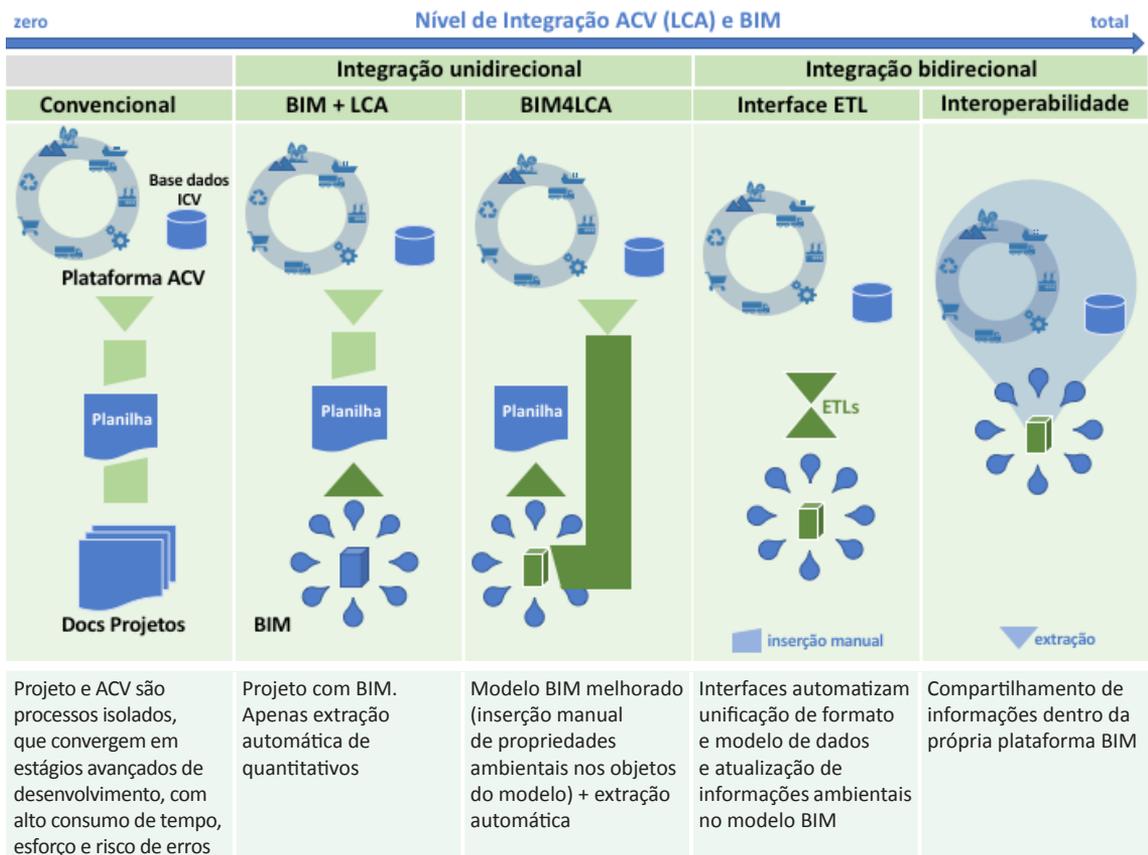


Figura 1: Estágios de integração entre ACV e BIM

Fonte: Elaborado pelas autoras

Utilizar EPD é um refinamento apropriado para situações com LOD tal que os elementos modelados sejam representações virtuais do elemento proposto, o que tipicamente ocorre em fases avançadas do desenvolvimento do projeto. Os processos ETL propostos por aqueles autores garantem fluidez de atualização dos componentes do modelo à medida em que sua definição

evolui, mas não se enquadram bem a etapas anteriores do processo de projeto ou a modelos com LOD inferiores. Nessas situações, dados genéricos médios de ACV são suficientes e incomparavelmente mais abundantes que EPD, e o emprego de funções para extração automática de quantitativos diretamente do modelo BIM representa um estágio anterior de integração, que merece ser explorado.

MÉTODO

Para alcançar o objetivo estabelecido, esta pesquisa foi desenvolvida em duas partes: primeiramente, um *estudo comparativo* entre processos de quantificação manual a partir de documentos de projeto (referência) e de extração automática de quantitativos de modelo BIM; seguido de um *estudo exploratório* para verificar a possibilidade de melhorias no segundo procedimento. O estudo comparativo compreendeu cinco etapas:

- 1) Análise da documentação das disciplinas de projeto consideradas (arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e condicionamento artificial) para o estudo de caso selecionado: um edifício institucional projetado segundo metas de elevado desempenho ambiental;
- 2) Definição do quantitativo de referência (*baseline*) a partir da revisão do levantamento feito manualmente por Silva et al. (2014) para ACV do mesmo estudo de caso;
- 3) Modelagem dos elementos dos projetos no LOD 300, utilizando a ferramenta BIM Revit Architecture 2016;
- 4) Extração automática de quantitativos a partir do modelo de informação (estágio BIM+LCA, na Figura 1);
- 5) Comparação dos resultados dos dois procedimentos – referência *versus* apoiado por BIM – para quantificação de materiais.

Já no estudo exploratório (etapa 6), avançamos o emprego de recursos de modelagem de informação para inserir parâmetros ambientais diretamente no modelo BIM (estágio BIM4LCA, na Figura 1). Procedeu-se a análise do mapeamento do processo resultante em notação BPMN (*business process model and notation*), que fornece um padrão gráfico compreensível por todos os agentes interessados (OBJECT MANAGEMENT GROUP, 2011).

Descrição do estudo de caso

O estudo de caso selecionado foi o projeto do Living Lab (Figura 2) projetado para a Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). O processo de projeto foi pautado por metas de altíssimo desempenho, para produzir uma edificação com caráter de demonstração e “vitrine tecnológica”, oferecendo suporte experimental para coberturas verdes, condicionamento inovador e geração *on-site*, “*mockups*” de sistemas prediais para demonstração em tempo real, sistema de captação e recuperação de fontes alternativas de água, em uma estrutura visitável para estudantes, pesquisadores e profissionais.



Figura 2: Imagens do modelo BIM do estudo de caso

Fonte: Elaborado pelas autoras

O Living Lab possui a fachada frontal orientada para oeste, que recebeu uma parede verde. O edifício é composto por três pavimentos principais, inferior, térreo e cobertura, além de três mezaninos destinados à circulação e acesso aos pavimentos. O pavimento inferior compreende os ambientes de acesso à edificação e circulação horizontal e vertical (escadas, rampas e elevadores) e uma microestação de tratamento de esgoto. O pavimento térreo abriga os ambientes de ocupação principal, destinados a estudo, aulas, reuniões e pesquisa, e os espaços de convivência. A cobertura é um pavimento técnico acessível a estudantes, pesquisadores e visitantes, que compreende as instalações experimentais de sistemas de painéis fotovoltaicos e telhado verde. Todas as instalações são instrumentadas para fornecer feedback de desempenho em tempo real no hall de entrada.

Premissas para quantificação de referência (baseline) e modelagem BIM

As premissas para quantificação de referência e modelagem BIM do Living Lab seguiram as normas NBR 14040 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009a), NBR 14044 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009b) e EN 15978:2011 (BRITISH STANDARDS INSTITUTION, 2011). A fronteira do sistema para a modelagem do ciclo de vida neste estudo abrange os módulos A1 a C2, mostrados em cinza na Figura 3. O transporte para o tratamento no fim da vida foi considerado, mas o processamento de resíduos e disposição final não foram incluídos no escopo de análise (SILVA et al., 2014).

O quantitativo de referência (*baseline*) foi definido a partir da revisão do levantamento feito manualmente por Silva et al. (2014) para ACV do mesmo estudo de caso. A análise de inventário consistiu na coleta de dados específicos

referentes ao modelo de estudo, levando em consideração as fronteiras do sistema estabelecidas na definição do objetivo e o escopo da análise. A coleta foi realizada a partir da documentação de projetos arquitetônico, estrutural, elétrico, hidráulico e de condicionamento artificial, que caracterizava um produto entre projeto básico e executivo. O nível de desenvolvimento do projeto variava entre disciplinas, o que se refletiu na parcela de elementos em cada subsistema que puderam ser quantificados manualmente e posteriormente modelados em BIM (Figura 3).

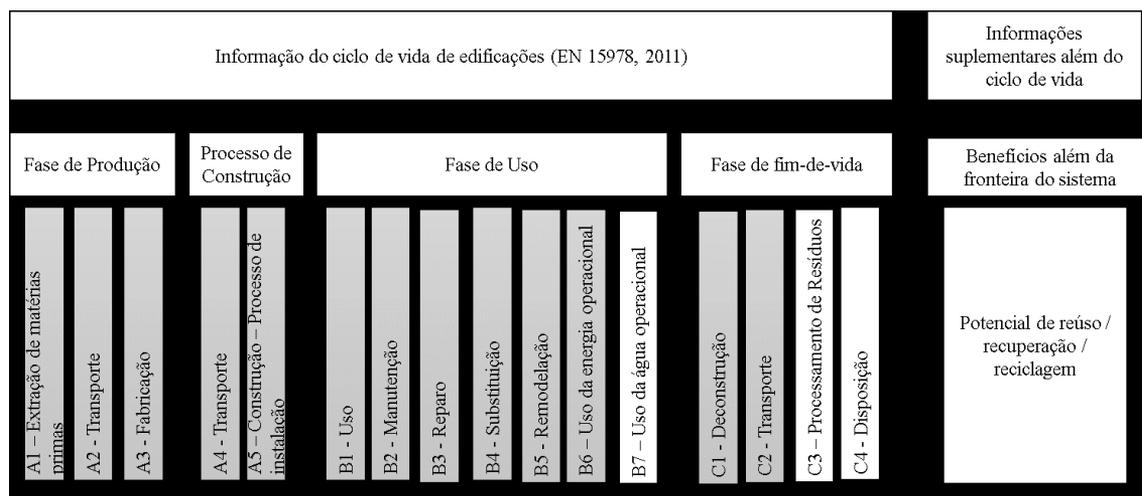


Figura 3: Módulos de informação do ciclo de vida de edificações, segundo a EN 15978:2011

Fonte: Silva et al., 2014

Foram computados apenas os elementos constituintes da obra bruta da edificação: paredes (sem revestimentos), pisos, sistemas estruturais, telhados, portas, janelas, sistema de tubulação hidráulica e de ar-condicionado. Equipamentos mecânicos e hidráulicos, escadas, mobiliário e acabamentos de piso não foram incluídos. Foram excluídos itens específicos do projeto analisado e indisponíveis nas bases de dados de inventário de ciclo de vida, tais como revestimento nas paredes e pisos dos sanitários; assim como aqueles excluídos com base na regra de exclusão (*cutoff*) aplicada, isto é: impacto $\leq 5\%$ do impacto total e massa $\leq 1\%$ da massa total estimados para a edificação, como no caso da madeira de reúso.

A modelagem da edificação em software BIM replicou estritamente o conteúdo, a abordagem de cálculo e o sistema de produto adotados por Silva et al. (2014), para validar a comparação entre os dois procedimentos. Utilizou-se o programa Autodesk Revit Architecture 2016 como ferramenta de apoio, por ser um software BIM dos mais utilizados por profissionais da arquitetura e construção (MCGRAW-HILL CONSTRUCTION, 2008). Os sistemas arquitetônico, estrutural, hidráulico e de ar-condicionado foram modelados segundo a organização hierárquica indicada no Quadro 1, em LOD 300.

O software Revit permite a modelagem detalhada dos elementos que compõem o modelo. O fator determinante do nível de detalhamento da modelagem foram, na verdade, as informações disponíveis na documentação de projeto, majoritariamente desenvolvidas ao nível de projeto básico, ou seja: com todas as suas interfaces resolvidas, de forma a permitir uma avaliação preliminar, mas sem apresentar informações técnicas claras e objetivas sobre todos os elementos, sistemas e componentes do empreendimento.

Na modelagem do sistema estrutural, isso impossibilitou a consideração de detalhamentos como parafusos e furos nas interseções entre perfis metálicos ou a modelagem das fundações do edifício. Da mesma forma, dutos de ar-condicionado e tubulações hidrossanitárias foram modelados com as dimensões especificadas no projeto, porém sem considerar conexões hidrossanitárias e elementos de ligação entre dutos e equipamentos de condicionamento artificial. Finalmente, a descrição insuficiente das instalações elétricas prediais inviabilizou a modelagem do sistema: apesar de disponibilizados memoriais e tabelas de

quantitativos, não constavam desenhos que indicassem pontos de iluminação, tomadas, interruptores e fiação elétrica que geraram os quantitativos.

Consideradas essas limitações, os subsistemas foram modelados em LOD 300, restando assegurada a precisão quanto à forma, dimensão e orientação dos objetos BIM. A Figura 3 ilustra a parcela dos elementos modelados no Revit e considerados na ACV, distribuídos nos diferentes subsistemas da edificação.

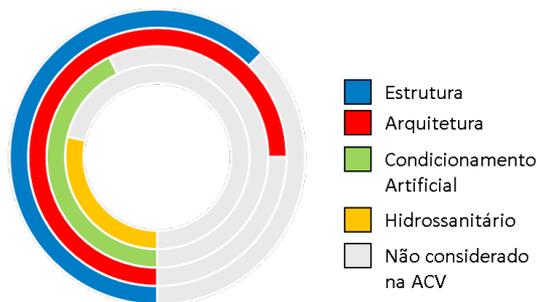
Quadro 1: Organização e descrição dos elementos modelados

Categoria	Família	Tipo	Estrutura	Material BIM	LOD
Arquitetura	Paredes	Painel Metálico	0,01 de aço + 0,3 de poliuretano + 0,01 de aço.	Aço - ACV	300
				Poliuretano	300
		Painel de madeira	0,06 de madeira	Madeira - ACV	300
		Vidro	0,1 de vidro	Vidro - ACV	300
		Placa de gesso	0,5 de gesso	Gesso - ACV	300
	Madeira compensada	0,6 de madeira compensada	Madeira compensada - ACV	300	
	Portas	De acordo com projeto			300
	Janelas	De acordo com projeto			300
Forro	Forro de gesso	0,05 de gesso	Gesso_forro	300	
Estrutura	Pisos	Piso estrutural	0,15 de concreto + vergalhão estrutural	Concreto CPIII-32 fck 30	300
				Aço_vergalhão	
	Pilares	Pilares	Aço	Aço_estrutura	300
			Concreto	Concreto CPIII-32 fck 60	
Colunas	Colunas	Aço	Aço_estrutura	300	
		Concreto	Concreto CPIII-32 fck 60		
Hidrossanitário	Tubulação	Água potável e de reúso	De acordo com projeto	PVC/PPR	300
AVAC	Dutos	Dutos	Aço galvanizado	Aço_galvanizado	300
		Isolamento	Lã de vidro	Lã de vidro	
	Elétrica	Eletrودuto	Aço galvanizado	Aço_galvanizado (eletroduto)	300
		Fios elétricos	Cobre	Cobre (fio elétrico)	300
	Isolamento de PVC + camada de proteção		Isolante (fio elétrico)		
	Hidráulica	Tubulação de água	Cobre	Cobre (água)	300
Aço galvanizado			Aço_galvanizado (água)		
Telhado	Telhado	Telhado verde	Gramma	Gramma_telhado	300
		Telhado	Impermeabilizante	Telhado_membrana	

Fonte: Elaborado pelas autoras

Figura 4: Parcela dos elementos modelados no Revit e considerados na ACV

Fonte: Barros; Silva, 2016



RESULTADOS E DISCUSSÃO

O quantitativo obtido pelo método com extração automática de quantitativo de materiais (BIM+LCA) apresentou valor médio superior ao calculado pelo

procedimento de referência para a maior parte dos subsistemas analisados (Quadro 2). Isso sugere que elementos simplificados ou desconsiderados no procedimento de referência puderam ser capturados na modelagem.

Quadro 2: Comparativo entre os procedimentos de quantificação de referência e a extraída automaticamente do modelo BIM

Subsistema	Materiais ACV	Nome BIM	Unidade	Varição entre BIM/referência*
Estrutural	Estrutura de aço	Aço_estrutura	kg	+3%
	Vergalhão de aço	Aço_vergalhão	kg	+5%
	Concreto CPM-32 fck 30	Concreto CPM-32 fck 30	m ³	+1%
	Concreto CPM-32 fck 60	Concreto CPM-32 fck 60	m ³	-12%
Fachadas	Painel metálico	Aço_ACV	kg	+7%
	Poliruretano	Poliruretano	kg	+1%
	Vidro	Vidro_ACV	kg	-2%
Cobertura	Telhado verde	Telhado_verde	m ²	-1%
	Sistema de impermeabilização	Telhado_membrana	m ²	0%
Divisórias internas	Placa de gesso	Gesso_ACV	kg	+8%
	Madeira compensada	Madeira compensada_ACV	m ³	+3%
	Madeira	Madeira_ACV	m ³	+9%
	Alumínio	Alumínio	m ²	-7%
Forro	Forro de gesso	Gesso_forro	kg	+9%
Piso externo	Concreto permeável	Concreto externo	m ³	0%
Hidrossanitário	Tubos de cobre (água)	Cobre (água)	kg	-3%
	Tubos de aço galvanizado (água)	Aço galvanizado (água)	kg	-2%
	Tubo de PVC (água)	PVC (água)	kg	+1%
	Tubo de PVC (esgoto)	PVC (esgoto)	kg	+29%
	Tubo de PPR (água + esgoto)	PPR	kg	+80%
AVAC	Duto de aço galvanizado	Aço galvanizado	kg	+7%
	Lã de vidro	Lã de vidro	kg	+3%
Elétrico	Eletroduto de aço galvanizado	Aço galvanizado (eletroduto)	kg	-4%
	Fio elétrico - isolamento PVC + camada de proteção	Isolante (fio elétrico)	kg	+5%
	Fio elétrico de cobre	Cobre (fio elétrico)	kg	+2%
Varição média em relação ao quantitativo de referência				+6%

*Variação positiva indica que o quantitativo obtido por extração automática foi superior ao manual (referência). Apenas os materiais que foram também quantificados pelo método tradicional estão listados.

Fonte: Elaborado pelas autoras

As variações em cada subsistema foram, de modo geral, discretas (até 12%). Apenas as tubulações de esgoto em PPR (80%) e PVC (29%) mostraram valores extraídos automaticamente muito superiores à quantificação de referência. Isso indica, por um lado, falha informacional na documentação desse projeto específico dadas as baixas variações registradas para tubulações de água em cobre, PVC e aço galvanizado. Por outro, ressalta a superioridade

da modelagem BIM nos casos de projetos incompletos, que podem prejudicar a confiabilidade de resultados justamente em elementos de grande impacto ambiental, como, no caso, componentes plásticos.

A variação discreta observada confirma a validade da extração automática para realização de ACV e sugere a modelagem em LOD 300 como alinhada ao nível de acurácia praticado atualmente, em geral, a partir de projetos básicos detalhados.

O procedimento de inserção de parâmetros para cálculo ambiental dentro do ambiente BIM elimina etapas e interfaces presentes na avaliação convencional, como representado em notação BPMN na Figura 4, que exemplifica os impactos de energia e emissões incorporadas. O modelo é gerado de acordo com as metas e os objetivos da ACV, previamente estabelecidos desde a concepção do projeto. O trabalho integrado do time de projeto soma-se à extração automática de dados para tornar a ACV mais precisa e consistente. As principais modificações ocorrem no processo de projeto em si e no procedimento de coleta de dados para ACV, principalmente no reordenamento das atividades desenvolvidas e na adição e alteração das informações trocadas. Já os agentes envolvidos não sofrem alterações.

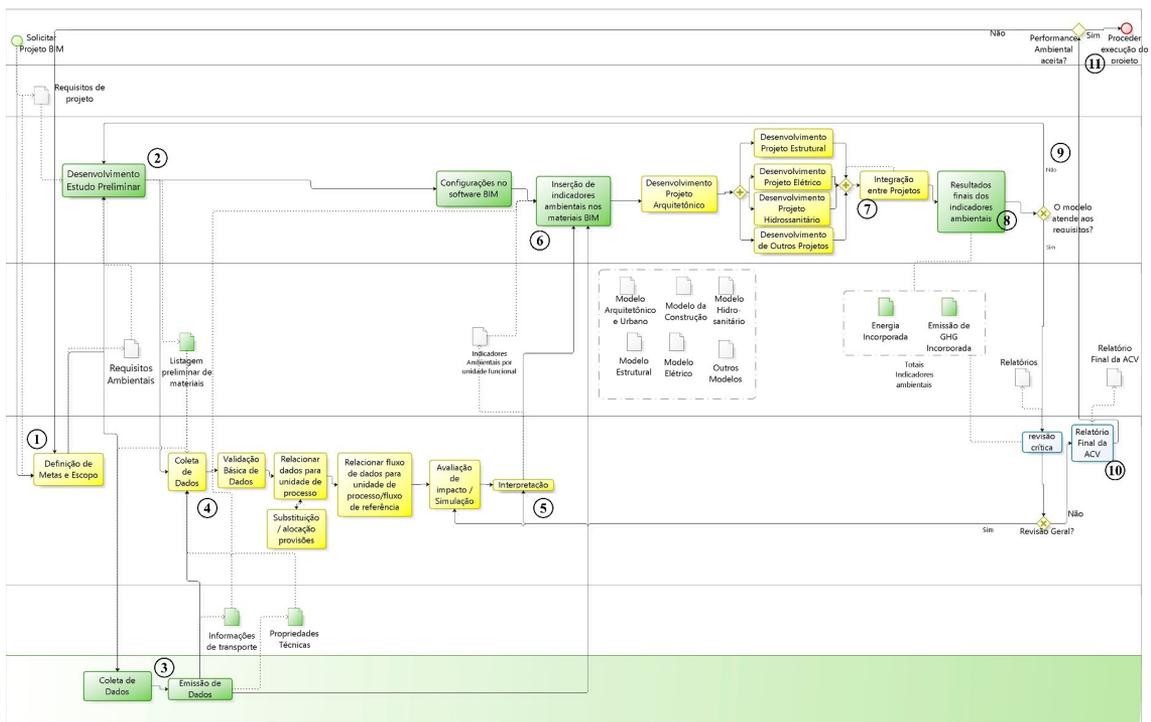


Figura 4: Processo de projeto auxiliado por BIM e orientado à ACV de edificações (BIM4LCA): mapa geral otimizado
Fonte: Barros; Silva, 2016

Na proposição completa feita por Barros e Silva (2016), após a solicitação do projeto pelo cliente, o especialista ACV define a meta e o escopo (1) para desenvolvimento do estudo preliminar (2). Os dados referentes aos materiais de construção que possivelmente serão utilizados são acrescidos das informações relativas ao transporte desde um potencial fornecedor (3), e o especialista ACV realiza a avaliação (4) e calcula coeficientes de impacto por unidade funcional (5). Esses coeficientes são repassados à equipe de projeto, juntamente com distância e tipo de transporte desde fornecedores, para inserção nos elementos BIM (6). Os projetos são desenvolvidos (7), e os indicadores ambientais, (re)calculados dentro do próprio software BIM (8). Caso o projeto não atenda aos requisitos ambientais, o modelo retorna à etapa anterior para revisão (9), até que a ACV possa ser finalizada (10). Caso o desempenho ambiental seja aceito pelo empreendedor, procede-se à execução do projeto (11). Caso contrário, retorna-se à etapa inicial.

Por se tratar da elaboração de um modelo BIM a partir de documentação de um projeto – em vez do produto do processo real de desenvolvimento projetual – nosso estudo de caso não pode implementar completamente esta proposição e aproveitar o maior benefício conceitual do emprego de modelagem da informação para otimização de desempenho ambiental da edificação: o fornecimento de dados, já nas fases iniciais de projeto, são suficientes para testar e orientar a tomada de decisão por materiais e componentes mais sustentáveis. Ainda assim, foi possível demonstrar que modelos podem ser preparados para facilitar ACV de forma operacionalmente simples, ainda que trabalhosa, pela inserção de indicadores e execução de cálculos ambientais dentro do software BIM. A automatização futura desse procedimento através de uma tecnologia ETL pode melhorar sobremaneira o processo, ainda que reste a maior dificuldade que hoje pressiona a ACV na maioria dos países, de alimentar os bancos de dados requeridos com inventários de ciclo de vida contextualizados.

CONCLUSÕES

A modelagem BIM pode facilitar a avaliação do ciclo de vida de edificações e auxiliar na escolha de materiais. Este artigo explorou contribuições da modelagem BIM para facilitar o processo de ACV de edificações completas. Verificamos que LOD 300 é compatível com o nível de acurácia praticado atualmente em ACV. É possível que LOD inferiores possam ser trabalhados em etapas de concepção e estudo preliminar, mas essa avaliação não foi parte do escopo deste artigo. Já a necessidade de empregar LOD superiores é menos provável, dadas as incertezas e a limitação da disponibilidade de dados de inventário intrínsecos ao estado atual da ACV de edificações, mas podem ser úteis para realizar, por exemplo, uma auditoria ambiental de um empreendimento específico, guiada pela inserção precisa de informações a ele referentes.

O método comumente utilizado de extração automática dos quantitativos de materiais a partir do modelo BIM foi validado para fins da ACV e traz ganhos de tempo, esforço de coleta de dados, e redução de risco de erros durante o processo manual, sem obstruir o processo de projeto. Mais ainda, no modo BIM4LCA, o modelo pode ser preparado para facilitar ACV e já realizar os cálculos dentro do modelo de modo a se extrair listagens de impactos em vez de simples quantitativos, aumentando significativamente a contribuição de BIM. Essa preparação é operacionalmente simples, mas de grande efetividade. No desenvolvimento de novos projetos, esse procedimento pode fornecer feedback rapidamente – ainda que unidirecional – e fundamentar uma tomada de decisão mais robusta para elevar desempenho ambiental de edificações, enquanto interoperabilidade completa ou mesmo o emprego de tecnologias ETL não se tornarem prática comum em Aeco.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem a Capes e CNPq pelo apoio financeiro concedido.

REFERÊNCIAS

ALWAN, Z.; JONES, P. The importance of embodied energy in carbon footprint assessment. **Structural Survey**, London, v. 32, n. 1, p. 49-60, 2014.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **Guide, instructions and commentary to the 2013 AIA digital practice documents**. Washington, DC, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**: Gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009a.

_____. **NBR ISO 14044**: Gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2009b.

- AZHAR, S. BIM for sustainable design: results of an industry survey. **Journal of Building Information Modeling**, Winnipeg, v. 4, n. 1, p. 27-28, 2010.
- AZHAR, S. et al. Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis. **Automation in Construction**, Amsterdam, v. 20, n. 2, p. 217-224, mar. 2011.
- BARROS, N. N. **Impactos da adoção de BIM na avaliação de energia e emissões de GHG incorporadas no ciclo de vida de edificações**. 2016. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.
- BARROS, N. N.; SILVA, V. G. BIM na avaliação do ciclo de vida de edificações: revisão da literatura e estudo comparativo. **PARC – Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 89-101, jun. 2016. doi: 10.20396/parc.v7i2.8645401. Disponível em: <<https://goo.gl/ydgi9o>>. Acesso em: 30 jun. 2016.
- BAUMANN, H.; TILLMAN, A. M. **The Hitch Hiker's guide to LCA**. Lund: Studentlitteratur AB, 2004.
- BECERIK-GERBER, B.; KENSEK, K. Building information modeling in architecture, engineering, and construction: emerging research directions and trends. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, Reston, v. 136, n. 3, p. 139-147, 2010.
- BEDRICK, J. A level of development specification for BIM processes. **AECbytes**, 16 maio 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/x5sFS7>>. Acesso em: 22 jul. 2015.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION. BS EN 15978:2011. **Sustainability of construction works**: assessment of environmental performance of buildings: calculation method. London, 2011.
- BYNUM, P.; ISSA, R.; OLBINA, S. Building information modeling in support of sustainable design and construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, Reston, v. 139, n. 1, p. 24-34, 2013.
- DIAZ, J.; ANTON, L. Á. Sustainable construction approach through integration of LCA and BIM tools. In: COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING – PROCEEDINGS OF THE 2014 INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, 23-25 jun. 2014, Orlando. **Conference Paper...** Orlando: 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/yPsEyK>>. Acesso em: 23 mar. 2018.
- EASTMAN, C. et al. **BIM handbook**: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. Hoboken: John Wiley & Sons, 2008.
- IDDON, C. R.; FIRTH, S. K. Embodied and operational energy for new-build housing: a case study of construction methods in the UK. **Energy and Buildings**, Amsterdam, v. 67, p. 479-488, dez. 2013.
- JRADE, A.; JALAEI, F. Integrating building information modelling with sustainability to design building projects at the conceptual stage. **Building Simulation**, New York, v. 6, n. 4, p. 429-444, dez. 2013.
- KRYGIEL, E.; NIES, B. **Green BIM**: successful sustainable design with building information modeling. Hoboken: John Wiley & Sons, 2008.
- LEITE, F. et al. Analysis of modeling effort and impact of different levels of detail in building information models. **Automation in Construction**, Amsterdam, v. 20, n. 5, p. 601-609, ago. 2011.
- MCGRAW-HILL CONSTRUCTION. **Building information modeling**: transforming design and construction to achieve greater industry productivity. New York, 2008.
- MEADATI, P.; IRIZARRY, J.; AKHNOUKH, A. Building information modeling implementation-current and desired status. In: Computing in Civil Engineering. Reston: American Society of Civil Engineers, 2011. p. 512-519.
- OBJECT MANAGEMENT GROUP. **Business Process Model and Notation (BPMN)**: version 2.0. Needham, 2011.
- PENG, C. Calculation of a building's life cycle carbon emissions based on Ecotect and building information modeling. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 112, p. 453-465, 2014.
- RIST, T. **A path to BIM-based LCA for whole-buildings**. Master – Spring: Norwegian University of Science and Technology, 2011.
- SAADE, M. R. M. **Influência da alocação de impactos na indústria siderúrgica sobre a avaliação de ciclo de vida de cimentos**. Campinas: Unicamp, 2013.
- SCHADE, J. et al. A comparative study of the design and construction process of energy efficient buildings in Germany and Sweden. **Energy Policy**, Amsterdam, v. 58, p. 28-37, 2013. doi: 10.1016/j.enpol.2013.02.014
- SHADRAM, F. et al. An integrated BIM-based framework for the energy assessment of building upstream flow. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSTRUCTION AND REAL ESTATE MANAGEMENT, 11-12 ago. 2015, Lulea. **Anais...** Reston: American Society of Civil Engineers, 2015. doi: 10.1061/9780784479377.013

SHADRAM, F. et al. An integrated BIM-based framework for minimizing embodied energy during building design. **Energy and Buildings**, Amsterdam, v. 128, p. 592-604, 2016. doi: 10.1016/j.enbuild.2016.07.007

SHADRAM, F.; MUKKAVAARA, J. An integrated BIM-based framework for the optimization of the trade-off between embodied and operational energy. **Energy and Buildings**, Amsterdam, v. 158, p. 1189-1205, 2018. doi: 10.1016/j.enbuild.2017.11.017.

SILVA, V. G. et al. Life beyond operational stage: exploring lifecycle zero energy definitions. In: IISBE NET ZERO BUILT ENVIRONMENT 2014 SYMPOSIUM, 6-7 mar. 2014, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: University of Florida: Powell Center for Construction & Environment, 2014.

SOUST-VERDAGUER, B.; LLATAS, C.; GARCÍA-MARTÍNEZ, A. Critical review of bim-based LCA method to buildings. **Energy and Buildings**, Amsterdam, v. 136, p. 110-120, 2017. doi: /10.1016/j.enbuild.2016.12.009

VANLANDE, R.; NICOLLE, C.; CRUZ, C. IFC and building lifecycle management. **Automation in Construction**, Amsterdam, v. 18, n. 1, p. 70-78, 2008. doi: 10.1016/j.autcon.2008.05.001

YUNG, P.; WANG, X. A 6D CAD model for the automatic assessment of building sustainability. **International Journal of Advanced Robotic Systems**, Thousand Oaks, v. 11, n. 1, 2014.

WONG, K.; FAN, Q. Building information modelling (BIM) for sustainable building design. **Facilities**, Bingley, v. 31, p. 138-157, 2013. doi: 10.1108/02632771311299412

Vanessa Gomes
vangomes@gmail.com

Natalia Nakamura Barros
natalianakamura.arq@gmail.com

O INSTRUMENTALISMO NA AFERIÇÃO DA EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO

INSTRUMENTALISM IN USER EXPERIENCE ASSESSMENT

Marcelo Pereira Demilis¹, Richard Perassi Luiz de Sousa¹, Giselle Alves Diaz Merino¹

RESUMO: Instrumentalismo é o nome de uma doutrina no campo de Epistemologia que indica que conhecimento e método científico não são necessariamente falsos ou verdadeiros. Mas, devido ao seu caráter instrumental, esses servem de recursos para lidar com a realidade. Por sua vez, como aspecto da realidade prática na área de Design, observa-se a busca por métodos e outros recursos para mensurar a experiência do usuário (UX), porque, progressivamente, aumentou o interesse em design orientado para a experiência. Contudo, as experiências abrangem uma gama de propriedades e métricas que são variadas, muitas vezes particulares, efêmeras e subjetivas. Por isso, há dificuldades para se encontrar conceitos que designam a experiência do usuário e, conseqüentemente, recursos instrumentais relacionados com essa temática. Isso caracteriza a problemática desta pesquisa sobre o instrumentalismo na aferição da experiência do usuário. O objetivo foi identificar instrumentos que, de maneira eficiente, auxiliam os designers na projeção e mensuração da experiência do usuário, visando o desenvolvimento coerente de produtos e serviços. O procedimento adotado inicialmente no estudo proposto, como é descrito neste artigo, foi pesquisar trabalhos publicados em periódicos internacionais por meio de uma revisão sistemática. O conhecimento resultante permitiu a sistematização da literatura e a seleção de instrumentos considerados coerentes com o propósito da pesquisa. Portanto, o resultado foi o mapeamento descritivo de instrumentos destinados à aferição da experiência do usuário, para serem aplicados em projetos de design.

PALAVRAS-CHAVE: Experiência do Usuário; Instrumentos de Pesquisa; Revisão Sistemática; Circunstâncias de Uso; Projeto de Design.

ABSTRACT: Instrumentalism is the name of a doctrine in the field of Epistemology, which indicates certain knowledge and scientific methods are not necessarily false or true. But due to their instrumental character, they serve as tools to handle reality. In turn, as an aspect of practical reality in the Design field, one observes the search for methods and other resources to measure user experience (UX), since, progressively, there was an increase in interest in experience-oriented Design. However, experiences have various characteristics and metrics, often singular, ephemeral and subjective. Hence, it is difficult to find concepts that project user experience and, consequently, instrumental resources related to this theme. This characterizes the problematics of this research on instrumentalism in the measurement of user experience. The objective was to identify instruments that, in an efficient way, help designers in the projection and measurement of the user experience, aiming for the coherent development of products and services. The procedure adopted initially in the proposed study, as described in this article, was to research in articles published in international journals through a systematic review. The resulting knowledge allowed for a systematization of the literature and a selection of instruments considered coherent with the purpose of the research. The result obtained from the research was the descriptive mapping of instruments for determining user experience, to be applied in Design projects.

KEYWORDS: User Experience; Research Instruments; Systematic review; Circumstances of Use; Design Project.

¹ Universidade Federal de Santa Catarina

How to cite this article:

DEMILIS, M. P.; SOUSA, R. P. L.; MERINO, G. A. D. O instrumentalismo na aferição da experiência do usuário. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 13, n. 2, p. 35-52, 2018. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v13i2.142062>

Fonte de financiamento:
Capes

Conflito de interesse:
Declararam não haver

Submetido em: 28/12/2017

Aceito em: 18/03/2018



INTRODUÇÃO

O instrumentalismo de Dewey traz a concepção de que ciência e conhecimento em geral devem ser pensados para atender às necessidades humanas (SANTOS, 2012). O mesmo princípio rege as ciências socialmente aplicadas e a tecnologia, que é seu produto. No campo tecnológico de Design, os designers devem se preocupar com as necessidades sociais e, atualmente e cada vez mais, também conhecer as demandas do usuário para a concepção de seus projetos (BONSIEPE, 2012; MUNARI, 2008). No desenvolvimento da área de Design, durante várias décadas, buscou-se predominantemente antecipar as necessidades prático-funcionais do usuário com ideias autorais e inovadoras (LÖBACH, 2001). Assim, eram previamente e idealmente propostos projetos e produtos que determinariam novas utilizações, alterando o cotidiano de usuários e consumidores. Isso ainda acontece com frequência, especialmente diante da constante demanda por inovação. Porém, em decorrência da ampla oferta de produtos e serviços, como soluções eficientes para situações prático-funcionais, esse público passou a demandar e ser atendido com benefícios sensoriais, emocionais e simbólicos, no processo experiencial de utilização e consumo de bens e serviços (HASSENZAHN, 2010; IIDA; BUARQUE, 2016; LÖBACH, 2001).

Há, portanto, uma realidade mais recente, na qual os usuários requerem benefícios para além da funcionalidade, inclusive, evocando o direito à felicidade. Assim, entre outros profissionais, os designers têm investido no atendimento de necessidades simbólico-afetivas dos usuários, propondo-lhes experiências de felicidade por meio de produtos e serviços, nos campos material e digital (OLIVEIRA; LIMEIRA; SANTA-ROSA, 2014). Desse modo, o conhecimento sobre as experiências dos usuários, sejam essas atuais, simuladas ou projetadas, passou a ser prioridade e, atualmente, os designers projetam enfatizando a experimentação, inclusive, utilizando recursos baseados em tentativa e erro, intuições e acasos (OLIVEIRA; LIMEIRA; SANTA-ROSA, 2014; PANTALEÃO; PINHEIRO, 2009).

Segundo Hassenzahl (2004) o conhecimento das demandas do usuário está ainda relacionado a suas necessidades hedônicas no contexto de suas experiências. Por tratar o pensamento como um modo de agir sobre as coisas, o instrumentalismo funciona como um mecanismo constituidor de nossas experiências. Assim, é conceituado por Japiassú e Marcondes (1996, p. 71) como “ato de recorrer à experiência concreta (de ordem perceptual, intuitiva, ativística, axiológica ou mística) na fonte da verdade”. Isso também pode ser expandido para considerar a experiência do usuário (UX) como uma resultante da interação homem-produto (HODZA, 2009), sendo que o produto pode ser um objeto, ou um conjunto de objetos e performances caracterizando um serviço, uma interface ou um ambiente, tornando possível a conexão com o pensamento de Dewey (1978), propondo que experiência resulta da interação indivíduo-ambiente.

Os produtos de design são desenvolvidos com base nos conceitos e arranjos científicos promovendo experiências sensoriais que, também, podem mudar as ideias humanas (CAMPOS et al., 2015). No seu cotidiano, as pessoas em geral utilizam instrumentos conceituais e materiais para realizar ações e atingir objetivos (CUPANI, 2004). Por sua vez, os designers também necessitam de instrumentos conceituais e materiais para projetarem os recursos que promovem uma experiência. Contudo, há também ampla variedade e grande quantidade de produtos disponíveis, sendo que isso impõe a constante necessidade de seu aprimoramento por meio da adaptação cada vez melhor de produtos e serviços à experiência do usuário. Portanto, há o interesse de, cada vez mais, aprimorar as experiências, porque um produto ou serviço melhor adaptado ao usuário também é algo inovador, tendendo a ser percebido com maior valor.

Em síntese, na área de Design, desde o início o interesse de seus profissionais foi voltado à experiência do usuário. Contudo, anteriormente, a prioridade era antecipar idealmente das necessidades e soluções para promover experiências prático-funcionais positivas (LÖBACH, 2001). Atualmente, o interesse é primeiramente conhecer a realidade e a potencialidade experiencial do usuário, especialmente para investir na inovação ou no aprimoramento simbólico-afetivo

das experiências. É por isso que se afirma o recente crescimento dos projetos de design orientados à experiência (TONETTO; DESMET, 2016).

No geral, o conceito de experiência é relacionado aos cinco sentidos: tato, olfato, visão, paladar e audição. Por sua vez, os sentidos reagem a alguma forma de estímulo (FERREIRA, 2011). Dewey (1959) propõe que o conceito de experiência vai além, colaborando na instauração ou na manutenção de hábitos. Assinala também a continuidade da experiência, que não tem começo nem fim, apresentando-se como um todo, um fluxo apreendido por meio de nossos sentidos em um movimento de estabelecer e expandir certos padrões nas ações. De maneira mais específica, a experiência do usuário é projetável, sendo construída de elementos ou aspectos subjetivos e efêmeros (HASSENZAHN; DIEFENBACH; GÖRITZ, 2010; LAW et al., 2009). Por isso, cabe ao designer se munir de ferramentas que o possibilitem entender e tentar prever a experiência do usuário, visando o desenvolvimento de produtos, interfaces digitais ou serviços que atendam às necessidades do usuário e sejam positivamente significativas. Segundo Lorieri (2000), o conteúdo significativo de uma experiência é medido pelas relações ou conexões nela presentes e que precisam ser captadas pela inteligência, pela “leitura interna” feita por esta função natural.

A inteligência humana pode ser considerada um instrumento, que, na filosofia instrumental, resolve os problemas à medida que surgem (DEWEY, 2008). Um instrumento é um recurso para atingir um resultado. Pode ser um objeto simples ou constituído de várias partes que serve para executar determinada tarefa, medição ou observação. Sob o viés da Engenharia, a área de Design assume seu caráter prático, cujos aspectos técnicos são ensinados e desenvolvidos de modo instrumental, como ferramentas. O objetivo é materializar as ideias de maneira eficaz e transdisciplinar para satisfazer as necessidades latentes de um público (AZEVEDO, 2006; BOMFIM, 1997; DWEK; COUTINHO; MATHEUS, 2011; KOTLER; KELLER, 2006). No recorte deste estudo, o conceito de “instrumento” envolve tudo que é limitado e serve para executar algum trabalho ou tarefa, seja física ou mental, podendo ser observação, interpretação ou ação física, incluindo um conjunto ou um procedimento específico, visando alcançar algum resultado (BUNGE, 1969, 1985; CUPANI, 2004). De maneira geral, métodos e modelos e outros instrumentos complexos envolvem um sistema de recursos conceituais, procedimentos ou ações, bem como artefatos.

Como profissionais do campo tecnológico, os designers se interessam por modelos constituídos por recursos instrumentais, que devem permitir o conhecimento e o controle sobre a experiência do usuário, especialmente quando se trata de reconhecer e propor experiências afetivamente memoráveis e satisfatórias. Assim, os designers afastam-se dos procedimentos exclusivamente intuitivos para desenvolver ou conhecer recursos instrumentais que, de maneira lógica, sistemática, sirvam para conhecer ou promover experiências interessantes aos usuários. Dessa forma, primeiramente, os designers pesquisadores adotaram conceitos e recursos instrumentais de Ciências Sociais para realizarem a mensuração da experiência do usuário, antes de haver adaptações e desenvolvimento de um repertório característico da área de Design (LAURANS et al., 2009; POELS; DEWITTE, 2006; TONETTO; DESMET, 2016). A diversidade e abrangência das experiências envolvem uma ampla quantidade de propriedades e métricas muito variadas, sendo muitas vezes particulares, efêmeras e subjetivas (HASSENZAHN; DIEFENBACH; GÖRITZ, 2010; LAW et al., 2009), porque são condicionadas por fatores humanos (GREEN; JORDAN, 1999). Isso impõe dificuldades à proposição dos conceitos e instrumentos que delimitem e identifiquem aspectos componentes da ampla e diversificada experiência do usuário.

Por essa razão, tendo como alicerce a perspectiva instrumentalista que sustenta que o desenvolvimento científico (teórico) e tecnológico (prático) é a ferramenta que o homem controla para satisfazer suas necessidades; e ponderando que Feenberg (2010), com base em DEWEY (1959), propõe que os instrumentos sejam avaliados em dois níveis considerando que a tecnologia é estudo sistemático (científico) de técnicas, processos, métodos, meios e instrumentos:

- 1) considera-se a funcionalidade do instrumento que, quando aplicado, deve cumprir com eficiência a tarefa prevista. Isso requer a retirada do instrumento de seu contexto social, avaliando especificamente suas propriedades utilitárias;
- 2) são considerados os aspectos de design e implementação da tecnologia em interação com sistemas e dispositivos previamente existentes e de acordo com as condições naturais e sociais de seu contexto.

Deste modo, desenvolveu-se esta pesquisa. Objetivou-se, por meio de um recorte de uma revisão sistemática sobre experiência do usuário e fatores humanos/ergonomia, identificar instrumentos que, de maneira eficiente, auxiliem designers na projeção e mensuração da experiência do usuário, visando o desenvolvimento coerente de produtos e serviços. Neste estudo, devido ao objetivo dos pesquisadores, foi considerado apenas o primeiro nível na avaliação dos instrumentos.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste artigo, trata-se de relatar o processo (Diagrama 1) e os resultados de uma pesquisa “descritiva”, cujos resultados foram organizados de modo comparativo e apresentados em Gráfico 1 e Quadro 1, além de serem descritos em porcentagens. Portanto, os aspectos que primeiramente foram pesquisados de maneira qualitativa, posteriormente também são apresentados quantitativamente. O processo inicial do trabalho foi desenvolvido como “pesquisa exploratória”, por meio de “revisão bibliográfica sistemática (RBS)” (TRAVASSOS; BIOLCHINI, 2007) em artigos internacionais de língua inglesa, publicados em bases de dados. Os principais termos de busca em língua inglesa foram diretamente relacionados aos significados das expressões portuguesas: “experiência do usuário” e “fatores humanos”. Assim utilizaram-se as palavras-chave: *ergonomics* ou *human factors* e *user experience*. Em seguida fez-se uma pesquisa prévia e definiu-se que as bases de dados consultadas seriam: Web of Science, Scopus e Ebsco. A partir dessas definições, por meio de testes, formatou-se o *string* de busca: (“*ergonom**” OR “*human* factor**”) AND (“*us* experienc**”)



Diagrama 1: Etapas do estudo

Fonte: Elaborado pelos autores

E, assim, definiu-se os critérios de inclusão e de qualificação dos artigos. Foram utilizados como filtro artigos publicados dos anos 2000 a 2017 em inglês. Em um segundo foi feita uma seleção dos artigos por meio dos títulos, depois, em um terceiro momento, resumos e palavras-chaves. Em outra etapa a leitura das introduções e conclusões, para enfim chegar nos artigos selecionados para a leitura e análise completa. Dos artigos analisados procurou-se observar referências, conceitos, ferramentas e métodos utilizados.

Como critérios de inclusão foram selecionados artigos que tratavam sobre fatores humanos/ergonomia e experiência do usuário, levando em conta aspectos subjetivos, hedônicos, percepção de satisfação do usuário e métricas da experiência do usuário.

O instrumentalismo, contudo, foi o foco da pesquisa realizada para identificar os recursos instrumentais já utilizados na mensuração da experiência do usuário. Depois do processo de identificação, houve a breve descrição comparada dos resultados encontrados, caracterizando um processo analítico comparativo. Em síntese: (1) primeiramente, foram identificados nas fontes de pesquisa os instrumentos já utilizados; (2) em seguida foi organizado um panorama descritivo-comparativo do conjunto dos resultados, sendo esse apresentado em gráfico, tabela e texto com porcentagens.

Para este estudo, foram selecionados os artigos que tratavam especificamente de instrumentos de coleta de dados sobre a experiência do usuário. A partir da seleção, as informações foram organizadas em uma tabela, observando algumas características das publicações, como: instrumento e técnicas utilizados; abordagem (qualitativa, quantitativa ou quali-quantitativa); objetivo do instrumento ou técnica; dados coletados; resultados obtidos; funcionalidade; instrumentos básicos e instrumentos específicos. Além disso, no Diagrama 1 são apresentadas as etapas do estudo. Já no Diagrama 2 é apresentada a etapa de seleção dos artigos de forma destrinchada, exibindo o resultado de artigos obtidos em cada filtro até a obtenção do portfólio final de 45 artigos analisados neste estudo.



Diagrama 2: Resultados das buscas e filtros

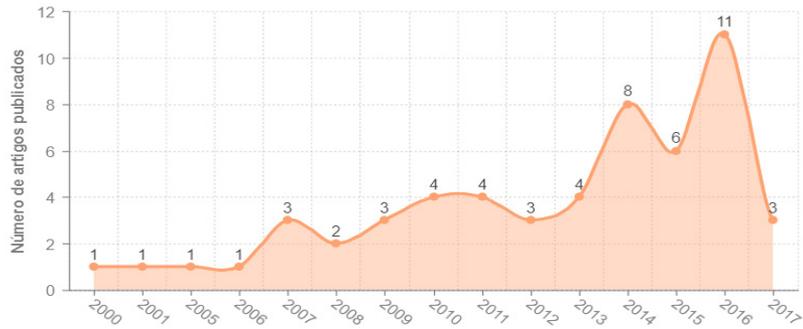
Fonte: Elaborado pelos autores

RESULTADOS

Instrumentos e técnicas de mensuração da experiência do usuário

A partir da análise dos 55 artigos selecionados no processo de revisão bibliográfica sistemática, foram selecionados aqueles que traziam algum tipo de instrumento ou técnica de mensuração da experiência do usuário. Foram selecionados 45 artigos publicados no período de 2000 a 2017 e que apresentaram algum instrumento ou técnica de mensuração para compor o portfólio final para a análise. Dentro dos limites da pesquisa realizada, devido ao maior número de artigos publicados, foi considerado que houve um aumento exponencial do interesse pelo tema no ano de 2007. Portanto, houve um período de crescimento, relativamente pequeno e recente, a partir desse, ocorrendo um pico de crescimento no ano de 2016, levando em consideração que época limite da realização da pesquisa realizada foi o primeiro semestre de 2017 (Gráfico 1).

Gráfico 1: Artigos publicados por ano



Fonte: elaborado pelos autores

Para realizar a análise do portfólio de artigos, os dados coletados em cada uma das publicações foram incluídos, separados e categorizados por meio de uma planilha do programa Microsoft Office Excel. Criou-se um quadro contendo as seguintes características de cada artigo:

- metodologia ou instrumento (ferramenta) utilizada;
- tipo de abordagem;
- objetivo do instrumento ou método;
- dados coletados;
- resultados obtidos;
- se o objetivo do instrumento foi alcançado;
- ferramentas básicas (instrumentos com características generalistas que são frequentemente encontrados em estudos científicos, como: questionários, entrevistas, observação e *focus group*); e
- ferramentas específicas (instrumentos com características específicas dos estudos ou desenvolvidos para fins exclusivos, usados para coletar dados peculiares pertinentes ao tema deste artigo).

Dessa forma, criou-se o Quadro 1 apresentado a seguir. Nele são apresentados esquematicamente os dados comparativos dos instrumentos pesquisados nos 45 artigos selecionados.

Análise do Quadro 1 – avaliação de funcionalidade de instrumentos e técnicas

Com base no Quadro 1 podemos observar que, dos 45 artigos avaliados, a maioria trata da experiência do usuário voltada para interfaces digitais, representando 47% dos artigos; 24% investigam a experiência do usuário voltada para produtos; 5%, para serviços; e 9% dos artigos são voltados para metodologias de projetos. Outros artigos traziam a combinação de mais de um domínio: 9% sobre interface digital e produto, 2% tratavam de interface digital e serviço, 2% sobre produto e serviço e 2% a respeito de metodologia de projeto e interface digital.

Os instrumentos e as técnicas identificados nos artigos foram avaliados conforme o primeiro nível de Feenberg (2010): cumprimento da função designada ou sua funcionalidade. Para isso, a partir desses instrumentos e técnicas levantados, buscou-se avaliar os objetivos de cada um desses, os dados coletados, os resultados obtidos, cruzados com as conclusões dos autores de cada artigo. Dessa forma, observou-se que 9% dos artigos não obtiveram os resultados esperados ou adotaram as técnicas satisfatórias para cumprir com os objetivos propostos, o que corresponde a quatro artigos. Por outro lado, 91% dos estudos utilizaram de instrumentos e técnicas que cumpriram com sua função.

Quadro 1: Instrumentos e técnicas coletados nos artigos

Artigo	Autor	Metodologia e/ou Ferramenta	Abordagem	Objetivo do método/ ferramenta	Dados coletados	Resultados obtidos	Objetivo alcançado	Ferramentas básicas	Ferramentas específicas
A cognitive-experiential approach to modelling web navigation	van Schaik, P. and Ling, J. (2012)	Modelo de fluxo da experiência (Flow) - Flow Experience Scale (FES); Questionários (Escala de 7 pontos); Situational Motivation Scale (SIMS); Perceived task challenge; Perceived website complexity scale (PCS)	Qualitativa / Quantitativa	Objetivo de gerar ideias criativas para inovação em UX	Motivação, Dimensões do fluxo da experiência, Complexidade da tarefa.	Demonstração do papel crucial das pré-condições da experiência de fluxo na interação homem-computador.	Sim	Questionário em escala	Modelo de fluxo da experiência (Flow) - Flow Experience Scale (FES); Situational Motivation Scale (SIMS); Perceived task challenge; Perceived website complexity scale (PCS)
A creative idea generation methodology by future envisioning from the user experience perspective	Moon, H. et al. (2016)	Técnicas de geração de ideias. Questionário de usabilidade. Focus group.	Qualitativa	Facilitação da geração de ideias criativas para inovação em UX	Usabilidade (Simplicidade, Eficácia, Eficiência, Aprendizagem, Flexibilidade, Satisfação)	Metodologia de geração de ideias criativas para o processo de desenvolvimento da experiência do usuário.	Sim	Questionário; Focus Group.	Técnicas de geração de ideias
A Design Process for a Customer Journey Map: A Case Study on Mobile Services	Moon, H. et al. (2016)	Mapa da jornada do usuário. Entrevista etnográfica em profundidade, Taxonomia da tarefa, Método de diário do usuário, Questionário, Estudo de campo observacionais, Workshop.	Qualitativa	Desenvolver um processo de design e conjuntos de regras para um mapa da jornada do cliente com base em uma abordagem de fatores humanos	Aplicabilidade e frequência. Score dos verbos do estudo taxonômico.	Processo de 10 etapas para projetar um mapa da jornada do cliente que reúna todas as experiências que um cliente possui com um serviço	Sim	Entrevistas; Questionário; Observação; Workshop.	Mapa da jornada do usuário, Taxonomia da tarefa, Método de diário do usuário.
A Methodological Approach to Evaluate a New Bicycle Concept with Elliptical Wheels	Rebello, F. et al. (2015)	Self-Assessment Manikin (SAM), Geneva Emotion Wheel (GEW), Questionário.	Qualitativa	Avaliar um novo modelo de bicicleta com base na funcionalidade, segurança e prazer	Esforço, controle, equilíbrio, segurança e dificuldade de uso; Emoções percebidas. Adaptação, Usabilidade.	Desenvolvimento de uma metodologia para avaliação de produto com base em fatores humanos e interação com produto.	Sim	Questionário.	Self-Assessment Manikin (SAM), Geneva Emotion Wheel (GEW).
An Experience Perspective on Intuitive Interaction: Central Components and the Special Effect of Domain Transfer Distance	Diefenbach, S. and Ulrich, D. (2015)	INTUI-model, Entrevista, Questionário INTUI.	Qualitativa	Mensuração dos quatro componentes da interação intuitiva.	Componentes da interação intuitiva, Eficácia; Conhecimento prévio; Inconsciência; Outro; negação.	INTUI-modelo de interação intuitiva	Sim	Questionário, Entrevista.	INTUI-modelo de interação intuitiva
An integrated model of interaction experience for information retrieval in a Web-based encyclopaedia	van Schaik, P. and Ling, J. (2011)	Modelo teórico, TAM, Experience model, Theory of Planned Behaviour, Theory of Reasoned Action, Questionário em escala likert.	Qualitativa / Quantitativa	Avaliação de três modelos de UX	A usabilidade do design do site (mais utilizável ou menos utilizável) e modo de uso (modo de objetivo ou modo de ação) Percepção de Utilidade, Estimulação de Qualidade Hedônica, Qualidade Pragmática, Identificação de Qualidade Hedônica, Diversão, Intenção de Usar e Percepção de Facilidade de Uso, Beleza, Bondade	Validação do modelo de medição de experiência em interação e aceitação de tecnologia	Sim	Questionário em escala	Modelo teórico, TAM, Experience model, Theory of Planned Behaviour, Theory of Reasoned Action.
Applications of a UX Maturity Model to Influencing HF Best Practices in Technology Centric Companies - Lessons from Edison	Fraser, J., Plewes, S. (2015)	Design expertise, Teste de usabilidade, Seis indicadores-chave da maturidade UX de uma organização	Qualitativa	Avaliação da maturidade da UX	Maturidade da Experiência do Usuário	Comparativo das práticas nas organizações	Não	X	Design expertise, Teste de usabilidade, Seis indicadores-chave da maturidade UX de uma organização
Being there again - Presence in real and virtual environments and its relation to usability and user experience using a mobile navigation task	Brade, J. et al. (2017)	Questionário (ITC-SOPI), System Usability Scale (SUS), Questionário da Experiência do Usuário (UEQ).	Qualitativa	Comparar experiência do usuário real e virtual	Presença (Sentido de espaço físico, engajamento, validade ecológica e efeitos negativos), Experiência do Usuário (Atratividade, perspicácia, eficiência, confiabilidade, estimulação e novidade), Usabilidade, Habilidade espacial.	Diferença de efeitos de ambientes de campo virtual e reais sobre a presença e as possíveis consequências para a experiência de usuário auto-relatada e usabilidade.	Sim	Questionário (ITC-SOPI), Questionário da Experiência do Usuário (UEQ).	System Usability Scale (SUS), System Usability Scale (SUS).
Culturability in Mobile Data Services: A Qualitative Study of the Relationship Between Cultural Characteristics and User-Experience Attributes	Boroun, C. et al. (2006)	Entrevistas estruturadas, Questionário, Observação, Análise de conteúdo.	Qualitativa	Determinar conjunto de atributos críticos de design para serviços de dados móveis que leva em conta as diferenças interculturais.	Atributos da experiência do usuário e traços culturais	Vinte e um atributos críticos de experiência do usuário que mostram uma clara correlação com as características da cultura do usuário	Sim	Entrevista estruturada; Questionário; Observação.	Análise de conteúdo.

continua...

Quadro 1: Instrumentos

Artigo	Autor	Metodologia e/ou Ferramenta	Abordagem	Objetivo do método/ ferramenta	Dados coletados	Resultados obtidos	Objetivo alcançado	Ferramentas básica	Ferramentas específicas
Cultural ergonomics in interactional and experiential design: conceptual framework and case study of the Taiwanese twin cup	Lin, C.-L. et al. (2016)	Questionário. User tool task model.	Qualitativa	examinar o significado cultural e a interface operacional do produto, bem como os cenários em que é usado na interação e nas experiências dos usuários.	Interação humano-cultural na experiências usuários.	Interface de ergonomia cultural que examina a forma como os designers se comunicam entre as culturas, e conexão entre design e cultura no processo de design	Sim	Questionário	User tool task model.
Designing a Telephone-Based Interface for a Home Automation System	Sandweg, N. et al. (2000)	Questionário, Focus group, Metodologia Mágico de OZ e Codiscovery learning, Cenários, Diferencial semântico.	Qualitativa	Avaliação empírica da interface.	(A) percepções de qualidade ergonômica (EQ) ou seja, aspectos de qualidade relacionados à tarefa, como confusão clara), (b) percepções de HQ (ou seja, aspectos de qualidade não relacionados à tarefa, como exatidão-repante) e (C) uma avaliação de apelação (APELAÇÃO, por exemplo, bom-ruim, atraente-pouco atraente).	Diagnóstico da usabilidade, qualidade ergonômica e apelo global.	Sim	Questionário, Focus group.	Metodologia Mágico de OZ e Codiscovery learning, Cenários, Diferencial semântico.
EEG Correlates of Pleasant and Unpleasant Odor Perception	Kroupi, E. et al. (2014)	Self-Assessment Manikin (SAM), Eletroencefalograma, Questionário.	Qualitativa	Investigar as mudanças no eletroencefalograma (EEG) ao perceber hedonicamente diferentes odores são estudados	Satisfação com o odor. Mensurar alterações no cérebro ao ter determinada experiência olfativa.	Classificação de odor baseada em EEG usando a atividade do cérebro reconhecendo automaticamente o prazer do odor.	Sim	Questionário.	Self-Assessment Manikin (SAM), Eletroencefalograma.
Emotional Dimensions of User Experience: A User Psychological Analysis	Saanihuoma and P. and Jokinen, J. P. P. (2014)	Representação mental, Questionário em escala Likert, Diferencial semântico, Escala multidimensional.	Qualitativa / Quantitativa	Investigar as emoções básicas e a mente emocional envolvida na experiência do usuário.	Eficiência, sucesso, excelência, controle, confusão, prazer, raiva, ansiedade, surpresa, desistência, medo, maravilha, aborrecimento, calma, culpa, desgosto, satisfação, Angustiado, entusiasmado, desespero, orgulho, excitação, frustração, determinação, vigilância	Medição de experiências emocionais subjetivas da interação humano- tecnologia, Modelo bipolar de competência- frustração para entender os aspectos emocionais da experiência do usuário.	Sim	Questionário em escala	Representação mental, Diferencial semântico, Escala multidimensional.
Emotional user experience: Traits, events, and states*	Jokinen, J. P. P. (2015)	Representação mental, Questionário em escala Likert, Modelo de competência- frustração da experiência de usuário emocional	Qualitativa / Quantitativa	Mensurar associações entre características do usuário e respostas emocionais em relação à tecnologia durante o uso.	Confiança, Intercetar: Desempenho da tarefa; Solução planejada de problemas; Auto confiança; Resolução planejada de problemas X desempenho na tarefa; Desempenho da tarefa X de autoconfiança	Determinação da dependência da experiência emocional subjetiva a uma série de fatores relacionados às diferenças individuais nos eventos de enfrentamento e tarefa.	Sim	Questionário em escala	Representação mental, Modelo de competência- frustração da experiência de usuário emocional
Enhanced ergonomics approaches for product design: A user experience ecosystem perspective and case studies	Xu, W. (2014)	Métodos e análises de coleta de dados EZE UX, Questionário, Entrevistas, EZE UX scorecard, Revisão das melhores práticas da indústria, Mapeamento do processo de informação, Pesquisa de usuários, Sombras, sondas culturais, diários de fotos, pesquisas, Observação, Estudo de campo, LUXE framework.	Qualitativa	Demonstrar como as abordagens de design de ergonomia aprimoradas abordaram efetivamente Fatores Humanos e Ergonomia.	Eficiência de abordagens	Abordagens de ergonomia aprimoradas para o design do produto para lidar efetivamente com HFE. Abordagem sistemática de porta a porta, roteiros de UX e UX emergentes, associadas a necessidades e usos priorizados dos usuários	Sim	Questionário, Entrevistas, Observação.	Métodos e análises de coleta de dados EZE UX, EZE UX scorecard, Revisão das melhores práticas da indústria, Mapeamento do processo de informação, Pesquisa de usuários, Sombras, sondas culturais, diários de fotos, pesquisas, LUXE framework.
Evaluating User Experience of Experiential GIS	Hodza, P. (2009)	Entrevista, Análise da tarefa, Questionário escala likert.	Qualitativa	Avaliar um sistema geoespacial imersivo.	Co-experiencing EGIS, Qualidade hedônica, usabilidade e ergonomia.	Identificação dos pontos fortes do sistema	Sim	Entrevista, Questionário escala	Análise da tarefa
Exploring the Role of Ten Universal Values in Using Products and Services	Parida, T. and Kujala, S. (2016)	Entrevista, Observação, Questionário, Descrição curta do produto, Valores universais.	Qualitativa	Avaliar os 10 valores humanos universais de Schwartz nas experiências de usuários relacionadas a produtos e serviços e a importância percebida de cada valor.	Poder, Realização, Hebonismo, Estimulação, Auto-direção, Universalismo, Benevolência, Tradição, Conformidade, Segurança	Relevância dos dez valores universais nas avaliações de produtos e serviços	Sim	Entrevista, Observação, Questionário.	Descrição curta do produto, Valores universais.

continua...

Quadro 1: Instrumentos

Artigo	Autor	Metodologia e/ou Ferramenta	Abordagem	Objetivo do método/ ferramenta	Dados coletados	Resultados obtidos	Objetivo alcançado	Ferramentas básicas	Ferramentas específicas
Exploring users' product constructs: how people think about different types of product	Jordan, P. W. and Persson, S. (2007)	Método da grade de repertório	Qualitativa	Investigar os problemas que as pessoas identificam ao considerar diferentes tipos de produtos	Estética. (formulário, cor, materiais.) Avaliação. Esta categoria inclui a função do produto, a construção e a forma como funciona (qualidade de construção, funcionalidade / funcionalidade, operação técnica) Associações. Estas são qualidades subjetivas ou abstratas que o participante associa ao produto (luzo, amizade ambiental, masculinidade). Experiência de usuário. Problemas relacionados ao uso do produto (contexto de uso, ergonomia, estilo de interação)	Estímulo de escolha de determinado produto pelo usuário quanto ao seu comportamento, experiência de uso, estilo ou funcionalidade	Sim	X	Método da grade de repertório
Factors Affecting User Perception of a Spoken Language vs. Textual Search Interface: A Content Analysis	Begany, G. M. et al. (2016)	Questionário, Análise de tarefa, Entrevistas, Análise de conteúdo, Wizard of Oz	Qualitativa	Explorar as diferenças nas respostas dos usuários a uma interface de pesquisa de linguagem falada e de pesquisa de entrada textual	Familiaridade; Usabilidade (interface textual); Usabilidade (interface de idioma falado); Fator de novidade; Rapidez; Fator de diversão; Nivel de conforto; Hábito; Confiança	Percepção de familiaridade, usabilidade, conforto, velocidade do sistema, diversão e ineditismo.	Sim	Questionário, Entrevistas a.	Análise da tarefa, Análise de conteúdo, Wizard of Oz
How motivational orientation influences the evaluation and choice of hedonic and pragmatic interactive products: The role of regulatory focus	Hassenzahl, M. et al. (2008)	Questionário, SAM (Self Assessment Manikin), Entrevista em profundidade.	Qualitativa	Investigar diferenças na forma como o comportamento dirigido é regulado, e sua influência na avaliação e a escolha do produto	Qualidade afetiva (Russell, 2003), a força das percepções pragmáticas e hedônicas da qualidade (Hassenzahl, 2001), bem como o valor geral (ou seja, o recurso) de cada player	Demonstração das diferentes orientações motivacionais, diferentes focos regulatórios, impactam na escolha, avaliação e qualidade afetiva percebida.	Sim	Questionário, Entrevistas em profundidade.	SAM (Self Assessment Manikin).
Implementation of ergonomic aspects throughout the engineering design process: Human-Areafact-Context analysis	Hoyos-Ruiz, J. et al. (2017)	Modelos mentais, Personas, Modelo USP (Usability, Safety, Attractiveness, Participatory), Norma VDI 2221, Kansei engineering, HMC.	Qualitativa	Desenvolvimento e validação de metodologia de design de produto relacionada ao sistema global de Human-Areafact-Context, do ponto de vista da ergonomia cognitiva e física	Eficiência e eficácia.	Estrutura sinérgica de metodologias de design centradas no usuário e critérios ergonômicos que prevalecem ao longo dos estágios de desenvolvimento do produto.	Sim	X	Modelos mentais, Personas, Modelo USP (Usability, Safety, Attractiveness, Participatory), Norma VDI 2221, Kansei engineering, HMC.
Intelligent support for defining aesthetic, ergonomic and material properties of designed product	Kajun, J. (2014)	Modelo CAD, Intelligent advisory system Oscar, Consistência semântica.	Qualitativa	Combinar adequadamente após de design ergonômico e estético durante o design do produto para obter uma agradável experiência de usuário	Aspectos ergonômicos e estéticos	Proposição de recomendações de ações de design	Não	X	Modelo CAD, Intelligent advisory system Oscar, Consistência semântica.
Interactive recommender systems: A survey of the state of the art and future research challenges and opportunities	Ho, C. et al. (2016)	Modelo mental, Taxonomia, Likert, Talk explorer, PARIS, Intent Radar, Coffee, Empathethcons.	Qualitativa	Combinar recomendação com técnicas de visualização para apoiar a interação e recomendar humano, analisar sistemas de recomendação interativos existentes.	Controlabilidade, Visualização, Avaliação de sistemas interativos de recomendação.	Estrutura de visualização interativa de sistemas recomendadores que permit que os usuários entendam o processo de recomendação e ajudem a orientar esse processo. Análise de 24 sistemas de recomendação interativos existentes.	Sim	Questionário em escala	Modelo mental, Taxonomia, Talk explorer, PARIS, Intent Radar, Coffee, Empathethcons.
Investigating the affective quality of interactivity by motion feedback in mobile touchscreen user interfaces	Park, D. et al. (2011)	Bipolar affective quality pairs, Teste de uso, Questionário.	Qualitativa	Aumentar a compreensão do feedback do movimento em termos de qualidade afetiva nas interfaces de usuário touchscreen móvel	Aspectos tácteis e percepções emocionais e satisfação.	Orientação para o design do feedback de movimento nas interfaces de usuário de touchscreen de celulares existentes, influência do fator de peso na qualidade afetiva e complementação de sensação física	Sim	Questionário.	Bipolar affective quality pairs, Teste de uso.
Measuring emotional valence to understand the users' experience of software	Hazlett, R. L. and Beneek, J. (2007)	Eletroniografia facial, Questionário de satisfação, Think aloud, Product Emotion Measurement Instrument, Sensual Evaluation Instrument, Verbal probes, Facial Action Coding System (FACS), Teste de uso.	Qualitativa	Fornecer feedback no processo de design de software no estado emocional do usuário	Avaliação e tensão emocional. Tempo de execução da tarefa.	Fornecimento de uma medida sensível da conveniência dos recursos propostos do software e uma medida de tensão emocional e esforço mental gasto nas tarefas interativas.	Não	Questionário.	Eletroniografia facial, Think aloud, Product Emotion Measurement Instrument, Sensual Evaluation Instrument, Verbal probes, Facial Action Coding System (FACS), Teste de uso.
Needs, affect, and interactive products – Facets of user experience	Hassenzahl, M. et al. (2010)	Questionário.	Qualitativa	Avaliar o cumprimento de necessidades psicológicas universais como principal fonte de experiência positiva em tecnologias interativas	Relacionamento; Estimulação; Competência; Popularidade; Segurança; Significado; Geral	Relação entre o cumprimento da necessidade e o efeito positivo. Categorização das experiências, pela necessidade primária e emoções envolvidas.	Sim	Questionário.	X

continua...

Quadro 1: Instrumentos

Artigo	Autor	Metodologia e/ou Ferramenta	Abordagem	Objetivo do método/ferramenta	Dados coletados	Resultados obtidos	Objetivo alcançado	Ferramentas básicas	Ferramentas específicas
Personal, physical, social, and creative contextual design for art education: How to achieve fun in art education for children	Tokuhisa, S. et al. (2014)	The World is Canvas (aplicativo). Teste de uso. Questionário.	Qualitativa	Analisar a experiência de usuário ao pintar de forma real e virtual	Diversão.	Aplicação da experiência do usuário e demonstração diversa no experiência de uso	Sim	Questionário.	The World is Canvas (aplicativo). Teste de uso.
Provoking Imagination and Emotion Through a Lively Mobile Phone: A User Experience Study	Chow, K. K. N. et al. (2016)	Teste de uso. Questionário. Entrevista em profundidade semiestruturada.	Qualitativa	Coletar dados empíricos como referências cruzadas à estrutura teórica e aplicar quadro para interpretação dos processos de obtenção de significado e emoção dos usuários.	Avaliação da experiência em diferentes contextos.	Demonstração que interações em diferentes momentos provocam participantes através de misturas conceituais, desajustes e avaliações. Aplicação do quadro para interpretação dos processos de obtenção de significado e emoção dos usuários.	Sim	Questionário. Entrevista em profundidade semiestruturada.	Teste de uso.
Public service space remodeling based on service design and behavioral maps	Wang, S. M. (2014)	Mapas comportamentais. Observação. Quadro de cinco fatores humanos.	Qualitativa	Documentar cinco fatores humanos (reações / adaptações físicas, cognitivas, emocionais) e remodelar/melhorar os serviços públicos.	reações / adaptações físicas, cognitivas, sociais, culturais e emocionais	Validação da metodologia proposta para investigar e descrever uma compreensão mais profunda das emoções, experiências e preferências dos usuários.	Sim	Observação.	Mapas comportamentais. Quadro de cinco fatores humanos.
Real-time EEG-based emotion monitoring using stable features	Lan, Z. et al. (2016)	Eleetroencefalograma. Internacional Affective/Digitized Sounds (IADS). Questionário. Emotional Avatar. Twin Girls App.	Qualitativa	Teste de novo algoritmo.	Quatro emoções (agráveis, felizes, assustadas e irritadas)	Validação de algoritmo na utilização de reconhecimento de emoções.	Sim	Questionário	Eleetroencefalograma. Internacional Affective/Digitized Sounds (IADS). Emotional Avatar. Twin Girls App.
SlideWorld: A Multidisciplinary Research Project to Reinvent the Videoconferencing User Experience	Gonguet, A. et al. (2013)	Laboratório de observação (observação). Teste de uso. Entrevista. Think aloud.	Qualitativa	Definir / aprimorar a experiência do usuário inerista em videoconferências	Feedback de uso.	Melhorias no poduto.	Sim	Observação. Entrevista.	Teste de uso. Think aloud.
The dilemma of the hedonic – Appreciated, but hard to justify	Diefenbach, S. and Hassenzahl, M. (2011)	Questionário.	Qualitativa	Explorar o dilema hedônico (escolha do produto)	Atributos hedônicos e pragmáticos	Comparativo entre escolhas hedônicas e pragmáticas e obtenção de requisitos para considerações estratégicas gerais ao projetar (para experiências).	Sim	Questionário.	X
The enchanting potential of technology: a dialogical case study of enchantment and the Internet	Chonchuir, M. N. and McCarty, J. (2008)	Entrevista. Análise de conteúdo.	Qualitativa	Analisar aspectos do encantamento: cruzamento responsivo de fronteiras; Diálogo na transformação pessoal; Infinita infinitude e profundidade do encantamento; E sugerir características de interação que facilitam o encantamento.	Encantamento	Valor para entendimento da experiência do usuário em análises detalhadas de um único caso que se concentram no pessoal e particular.	Sim	Entrevista.	Análise de conteúdo.
The importance of User Centered Design methods applied to the design of a new workstation: a case study	Duchonnes, R. et al. (2012)	Observação. Entrevistas. Análise da tarefa. Cenários.	Qualitativa	Analisar a experiência de uso de uma estação de trabalho na perspectiva de dois grupos de usuários.	Experiência de uso	Identificação das principais necessidades e estratégias dos usuários, soluções de design, e envolvimento do usuário no ciclo de desenvolvimento do produto. .	Sim	Entrevista. Observação.	Análise da tarefa. Cenários.
The influence of hedonic and utilitarian motivations on user engagement: The case of online shopping experiences	O'Brien, H. L. (2010)	Escala de motivação de compras. Questionário escala likert.	Qualitativa / Quantitativa	Explorar motivações hedônicas e utilitárias no contexto do envolvimento dos usuários com compras on-line.	(1) Atenção focada; (2) Usabilidade percebida; (3) A capacidade de percepção que a experiência vale a pena, que é recompensada, vale a pena o esforço, por exemplo, (4) Estética do site; (5) Feito envolvimento na experiência de compra; E (6) novidade, a curiosidade evocada ou satisfação pela experiência	Demonstração da relevância das Motivações Adventure / Gratification Shopping and Achievement Shopping para variáveis específicas do envolvimento dos usuários de e-commerce e considerações para a inclusão de tipos de motivação em modelos de experiências envolventes do usuário.	Sim	Questionário em escala	Escala de motivação de compras.
The influence of the search complexity and the familiarity with the website on the subjective appraisal of aesthetics, mental effort and usability	Chevallier, A. et al. (2014)	Questionário escala likert. WAMMI. The National Aeronautics and Space Administration-Task Load Index (NASA-TLX; Hart and Staveland 1988)	Qualitativa / Quantitativa	Determinar o papel do nível de familiaridade com o site e a complexidade da pesquisa no desempenho da pesquisa e avaliações pós-experiência de estética, usabilidade e esforço mental.	Estética. Usabilidade. Atratividade, controle, eficiência, utilidade e capacidade de aprendizado	Análise de desempenho de busca quanto a complexidade, familiaridade, e avaliações e correlação de variáveis pós-uso.	Sim	Questionário em escala	WAMMI. The National Aeronautics and Space Administration-Task Load Index (NASA-TLX; Hart and Staveland 1988)

continua...

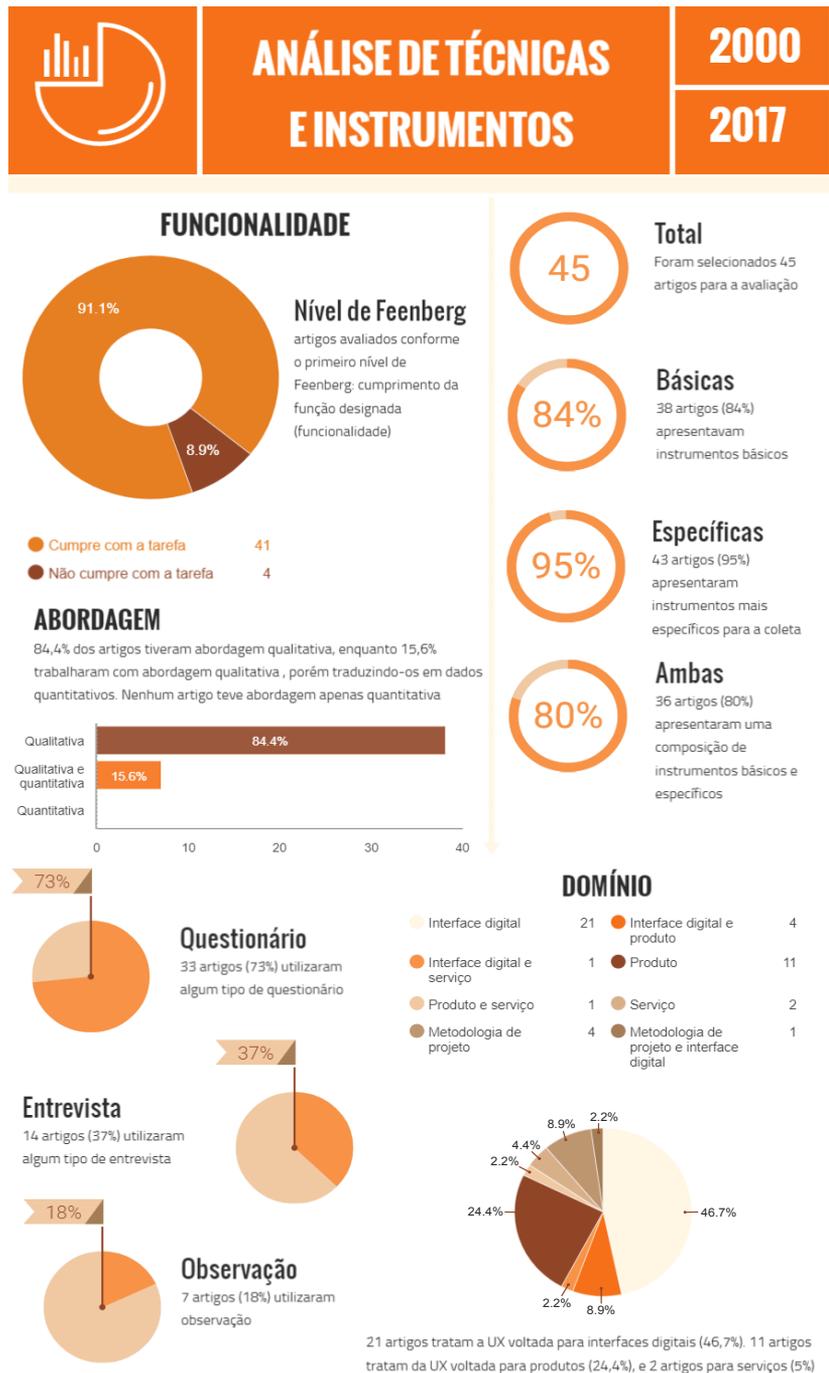
Quadro 1: Instrumentos

Artigo	Autor	Metodologia e/ou Ferramenta	Abordagem	Objetivo do método/ ferramenta	Dados coletados	Resultados obtidos	Objetivo alcançado	Ferramentas básicas	Ferramentas específicas
The Significance of Manual Wheelchairs: A Comparative Study on Male and Female Users	Lanutti, J. N. et al. (2015)	Diferencial semântico. Entrevistas.	Qualitativa	Investigar a influência do gênero sobre as percepções dos usuários sobre o significado de sua própria cadeira de rodas	Percepções de uso (diferencial semântico)	Variação nas percepções dos usuários de gêneros distintos quanto ao produto.	Sim	Entrevistas.	Diferencial semântico.
To do or not to do: Differences in user experience and retrospective judgments depending on the presence or absence of instrumental goals	Hassenzahl, M. and Ulrich, D. (2007)	Sistema de story telling digital. Questionário (SMEQ - Subjective Mental Effort Questionnaire). SAM.	Qualitativa	Explorar a relação entre afeto, esforço mental e espontaneidade experimentada ao interagir com um sistema de narrativa e julgamentos retrospectivos de apego, e estudar os efeitos diferenciais da presença ou ausência de objetivos instrumentais.	Esforço mental (SMEQ) (0-220) Atribo-valor (SAM) (1-9) Avaliação (APEL/ACIO) (1-7) Aquisição de conhecimento (0-4) Espontaneidade (eu considero minhas ações cuidadosamente - eu decido espontaneamente por ações) (1-7)	Influência dos objetivos instrumentais ativos na experiência e indução de esforço mental e julgamentos.	Sim	Questionário (SMEQ - Subjective Mental Effort Questionnaire)	Sistema de story telling digital. SAM.
Understanding customers' holistic perception of switches in automotive human-machine interfaces	Wellings, T. et al. (2010)	Diferencial semântico. Entrevistas. Teste de uso.	Qualitativa	Avaliação da sensação de push-switches em cinco carros de luxo	Diferencial semântico	Combinação de dados hedônicos, qualitativos e diferenciais semânticos; E verificação da capacidade de diferenciação entre switches conforme qualidades hápticas percebidas.	Sim	X	Diferencial semântico.
Understanding User Experience with Computer-Based Applications with Different Use Purposes	Lee, S. (2013)	Teste de uso. Questionário.	Qualitativa	Examinar as mudanças nas relações entre a satisfação do usuário e as percepções dos usuários sobre usabilidade e estética de acordo com as situações de uso.	Satisfação por meio da percepção de usabilidade e estética.	Relações entre a usabilidade percebida, a estética percebida e a satisfação do usuário conforme percepção e interação destes.	Sim	Questionário	Teste de uso.
Using event related potentials to identify a user's behavioural intention aroused by product form design	Ding, Y. et al. (2016)	Eletroencefalograma.	Qualitativa	Explorar o processo de intenção comportamental dos usuários ao pesquisar diferentes designs de smartphones, e estudar a atividade cerebral provocada pela variedade de formatos de produtos.	Sinal cerebral.	Evocação das atividades cerebrais observando diferentes produtos.	Sim	X	Eletroencefalograma.
Using sketches and storyboards to assess impact of age difference in user experience	Brajnik, G. and Giachin, C. (2014)	Questionários em escala Likert. Análise da tarefa. Teste de usabilidade.	Qualitativa	Comparar de duas versões de um termostato digital de tela sensível ao toque quanto a diversas características da experiência do usuário (UX), e descrever a implementação de fatores de design.	Facilidade de uso percebida; Intenção comportamental; Usabilidade percebida; Emoções; Prazer; Esforço mental subjetivo; Qualidade; Satisfação média; Confiança; Usabilidade.	Diferenças nas percepções de UX de acordo com as variações de idade.	Não	Questionários em escala	Análise da tarefa, Teste de usabilidade.
Visual complexity of websites: Effects on users' experience, physiology, performance, and memory	Tuch, A. N. et al. (2009)	Músculo ondulador. IAPS (International Affective Picture System). Atividade Eletrodermal (EDA), self-assessment manikin (SAM), mensuração de batimentos cardíacos. Eletroencefalografia.	Qualitativa	Examinar a complexidade do site no âmbito da teoria estética e pesquisa psicológica sobre cognição e emoção.	Análise da complexidade estética e respostas psicológicas sobre cognição e emoção.	Demonstrar que a complexidade visual dos sites tem múltiplos efeitos na cognição e emoção humana.	Sim	X	Músculo ondulador. IAPS (International Affective Picture System). Atividade Eletrodermal (EDA), self-assessment manikin (SAM), mensuração de batimentos cardíacos. Eletroencefalografia.
Webcam-based detection of emotional states	Dingli, A. and Giordina, A. (2017)	Batimentos cardíacos. Avaliação de fisionomia (webcam). Questionários. Análise da tarefa.	Qualitativa	Analisar a mudança na frequência cardíaca em relação ao estado emocional dos usuários, correlacionar estados emocionais, e criar um método baseado na webcam para monitorar a frequência cardíaca	Monitoramento cardíaco Feições Frustração Diversão Desafio	Previsão do estado emocional do usuário.	Sim	Questionário.	Batimentos cardíacos. Avaliação de fisionomia (webcam). Análise da tarefa.
Why we love or hate our cars: A qualitative approach to the development of a quantitative user experience survey	Tonetto, L. M. and Desmet, P. M. A. (2016)	Entrevista em profundidade. Análise de conteúdo. Questionário em escala.	Qualitativa / Quantitativa	Apresentar uma forma mais ecologicamente válida de desenvolver questionários de itens para mensuração da experiência do usuário.	Falta de confiabilidade e segurança; Identificação pessoal; Contorno (devido à falta de descontentamento sensorial); Fragilidade; Facilidade de uso; Poder social; Custos de manutenção; Custos de combustível; Impostos e custos de seguro; Interioridade para outros carros; Previsibilidade no uso; Revendendo potencial; Falta de valor para o dinheiro; Problemas causados pelo motorista; Amplitude visual	Avaliação dos usuários com relação aos seus respectivos carros.	Sim	Entrevista em profundidade. Questionário em escala	Análise de conteúdo.

Fonte: elaborado pelos autores

Na Figura 1 é apresentada graficamente a síntese dos dados coletados e analisados no Quadro 1.

Figura 1: Gráficos com análise de instrumentos e técnicas
Fonte: Elaborado pelos autores



Abordagem

Quanto à abordagem (Quadro 1), e como observado na Figura 1, nenhum dos artigos assumiu abordagem exclusivamente quantitativa. Isso poderia ser justificado devido à experiência do usuário possuir caráter subjetivo, isto é, ser composta por elementos efêmeros e subjetivos (HASSENZAHN; DIEFENBACH; GÖRITZ, 2010; LAW et al., 2009). 84,4% dos artigos adotaram uma abordagem

apenas qualitativa, enquanto 15,6% das publicações buscaram trabalhar com abordagem qualitativa, porém traduzi-los em dados quantitativos, tendo uma abordagem quanti-qualitativa.

Tipos de instrumentos de coleta observados

A partir do Quadro 1 gerado, foi possível obter uma listagem de instrumentos (ferramentas básicas e específicas) e assim pode-se fazer a correspondência dos objetivos dos estudos, dados coletados e instrumentos adotados. Para classificação dos instrumentos e técnicas de coleta utilizados nos artigos, dividiu-se em dois tipos: os instrumentos mais usuais (questionário, entrevista, observação e análise de conteúdo) (MARCONI; LAKATOS, 2008), aqui chamados de instrumentos básicos; e os instrumentos específicos usados para coletar e avaliar dados particulares aos estudos e que podem combinar diversas formas de medições e equipamentos. Dos instrumentos observados nos estudos, 38 artigos apresentaram instrumentos básicos, o que corresponde a 84% do total. Já instrumentos específicos para a coleta de dados particulares à temática de cada pesquisa apareceram em 43 artigos, representando 95% dos 45 artigos. E, por fim, 36 artigos apresentaram ambos os tipos (básico e específico), totalizando 80% dos estudos.

Quanto aos instrumentos básicos, 73% dos artigos aplicaram algum tipo de questionário, 37% fizeram algum tipo de entrevista e 18% dos estudos utilizaram observação. Nenhum dos artigos analisados utilizou alguma forma de análise de conteúdo como método de coleta. Apesar de todos os artigos adotarem abordagem qualitativa, apenas dois deles utilizaram instrumentos básicos para suas coletas, não adotando instrumentos específicos. Em ambos os artigos, os autores propuseram como atividades futuras a combinação ou aplicação de novas técnicas para a obtenção de dados mais precisos ou validação dos resultados.

Gráfico 2: Questionários com escala Likert



Fonte: elaborado pelos autores

Os artigos que tiveram uma abordagem quanti-qualitativa, em um primeiro momento, coletaram os dados qualitativos. Contudo utilizaram questões em escala Likert para que assim, posteriormente, fosse possível converter os dados coletados em *scores* e a partir deles realizar testes estatísticos, como análise fatorial, e atribuir caráter quantitativo. Dos 38 artigos que utilizaram alguma forma de questionário em sua coleta, 10 utilizaram a escala Likert em suas respostas, totalizando 26% das publicações (Gráfico 2).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O design voltado para a projeção da experiência do usuário é uma temática recente, com instrumentos e técnicas ainda não bem definidos. Assim existe a dificuldade de se determinar os fatores humanos que influenciam nessa experiência, bem como obter resultados concretos que delimitem os aspectos que compõem a experiência e o valor atribuído a ela pelo usuário. Por isso a importância de se investigar e refletir sobre a origem do termo, considerando também as linhas de pensamentos que, tradicionalmente, valorizaram a experiência do indivíduo e a percepção dos recursos científicos como instrumentos do conhecimento, como foi proposto nas ideias de John Dewey.

Para ampliar os conhecimentos sobre a experiência do usuário, incrementando o embasamento teórico e prático de design na projeção de produtos, serviços ou interfaces, o interesse deste artigo foi identificar instrumentos que, de maneira eficiente, auxiliam designers na projeção e mensuração da experiência do usuário, visando o desenvolvimento coerente de produtos e serviços. Para tanto, realizou-se um estudo bibliométrico das publicações que, mais especificamente, buscaram as relações já estabelecidas entre experiência do usuário e fatores humanos/ergonomia, resultando em uma análise quantitativa e qualitativa dos dados. Tal pesquisa foi realizada considerando o contexto teórico da doutrina designada como instrumentalismo e, por isso, houve o interesse pela pesquisa de instrumentos e técnicas nos artigos selecionados.

A adoção do sistema de classificação de Feenberg (2010) serviu para aprofundar o estudo das publicações, observando a funcionalidade dos instrumentos e sua efetividade de acordo com os resultados propostos em cada artigo pesquisado. Possibilitou assim a construção de um quadro (Quadro 1) que condensasse as informações colhidas com base no portfólio de 45 artigos resultantes da revisão sistemática. Esse quadro permitiu a visualização das informações de forma holística e, a partir disso, apresentou um panorama de técnicas e instrumentos relacionados com experiência do usuário e fatores humanos/ergonomia, considerando ainda as possibilidades futuras de desenvolvimento de novos recursos e metodologias. Isso foi especialmente cogitado porque observou-se que não existe um padrão evidente nas técnicas utilizadas para a aferição da experiência do usuário (UX).

Diante dos resultados da pesquisa realizada, considerou-se que os processos quantitativos, a partir de observações ou estudos preliminares qualitativos, buscaram propor métricas ou valores mais precisos e replicáveis, com a aplicação de instrumentos objetivos para o registro das impressões dos usuários, como a escala Likert e testes estatísticos. Também foi considerado o uso de recursos tecnológicos para o monitoramento das reações fisiológicas dos usuários, como eletroencefalograma e mapas de frequência cardíaca, entre outros. Avaliando-se o necessário interesse por dados quantitativos no campo tecnológico de Ciência Aplicada, observou-se também a necessidade de adoção ou desenvolvimento de instrumentos métricos para reconhecimento, registro e entendimento sobre as experiências dos usuários, visando aprimorar cada vez mais a precisão e a validação das informações e, principalmente, a aplicação desse conhecimento em melhores produtos, interfaces ou serviços.

Acompanhando esse interesse de adoção de instrumentos métricos e reconhecimento das experiências, percebe-se uma tendência, nos estudos analisados, de adoção de ferramentas específicas para essa mensuração, ou até mesmo a combinação de duas ou mais ferramentas de coleta (básicas e específicas) para o alcance dos objetivos de cada publicação. Apenas dois artigos não apresentaram ferramentas específicas para coletar e aferir a experiência do usuário. Portanto, dada a complexidade das experiências dos usuários, fica perceptível a necessidade dos pesquisadores em utilizar mais de um instrumento. Ferramentas básicas mostram-se mais generalistas, podendo auxiliar o pesquisador na delimitação do perfil do usuário, percepções e observações particulares e qualitativas do indivíduo no contexto da UX. Já as ferramentas específicas podem auxiliar na coleta de aspectos peculiares

da experiência, ajudando o pesquisador a analisar particularidades que compõem a experiência em questão. Por isso, observa-se como possível lacuna o desenvolvimento de uma ferramenta voltada para aferição da experiência do usuário que pondere características de ferramentas básicas e específicas.

Como limitações deste trabalho apontam-se: (1) pesquisa bibliográfica restrita a artigos escritos em língua inglesa, publicados em revistas científicas indexadas nas bases de dados disponíveis no portal de periódicos da Capes e disponíveis gratuitamente na internet; (2) análise das características definidas pelos pesquisadores que possibilitaram a reflexão e identificação de oportunidades de futuras pesquisas; (3) adoção de apenas o primeiro nível de análise proposto por Feenberg (2010); e (4) análise dos artigos do portfólio bibliográfico em relação às variáveis investigadas de acordo com o julgamento e a interpretação dos autores desta pesquisa, por isso, podendo não corresponder às conclusões dos autores originais dos estudos. E por fim, sugere-se para trabalhos futuros a ampliação deste estudo a outras bases de dados e o desenvolvimento de trabalhos que visem eliminar as lacunas apontadas ao longo do artigo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), à Rede de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologia Assistiva (RPDTA), ao Programa de Pós-graduação em Design da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGD/UFSC) e ao Núcleo de Gestão de Design e Laboratório de Design e Usabilidade (NGD-LDU/UFSC).

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, W. **O que é design**. 3. ed. São Paulo: Brasiliense, 2006.
- BEGANY, G. M.; NING, S. A.; XIAOJUN, Y. Factors affecting user perception of a spoken language vs. textual search interface: a content analysis. **Interacting with Computers**, Oxford, v. 28, n. 2, p. 170-180, 2016.
- BOMFIM, G. A. Fundamentos de uma teoria transdisciplinar do design: morfologia dos objetos de uso e sistema de comunicação. **Estudos em Design**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 2, p. 27-41, 1997.
- BONSIEPE, G. **Design como prática de projeto**. São Paulo: Blucher, 2012.
- BOREUM, C.; INSEONG, L.; JINWOO, K. Culturability in mobile data services: a qualitative study of the relationship between cultural characteristics and user-experience attributes. **International Journal of Human-Computer Interaction**, Abingdon, v. 20, n. 3, p. 171-203, 2006.
- BRADÉ, J. et al. Being there again – presence in real and virtual environments and its relation to usability and user experience using a mobile navigation task. **International Journal of Human-Computer Studies**, Amsterdam, v. 101, p. 76-87, 2017.
- BRAJNIK, G.; GIACHIN, C. Using sketches and storyboards to assess impact of age difference in user experience. **International Journal of Human-Computer Studies**, Amsterdam, v. 72, n. 6, p. 552-566, 2014.
- BUNGE, M. *La investigación científica*. Barcelona: Ariel, 1969.
- _____. *Treatise on basic philosophy*. Dordrecht: Reidel, 1985. v. 7.
- CAMPOS, J. et al. Aspectos da filosofia de Immanuel Kant aplicados ao design. **Triades**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, 2015.
- CHEVALIER, A.; MAURY, A. C.; FOUQUEREAU, N. The influence of the search complexity and the familiarity with the website on the subjective appraisal of aesthetics, mental effort and usability. **Behaviour and Information Technology**, Abingdon, v. 33, n. 2, p. 116-131, 2014.
- CHONCHÚIR, M. N.; MCCARTHY, J. The enchanting potential of technology: a dialogical case study of enchantment and the Internet. **Personal & Ubiquitous Computing**, New York, v. 12, n. 5, p. 401-409, 2008.
- CHOW, K. K. et al. Provoking imagination and emotion through a lively mobile phone: a user experience study. **Interacting with Computers**, Oxford, v. 28, n. 4, p. 451-461, 2016.
- CUPANI, A. A tecnologia como problema filosófico: três enfoques. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 493-518, 2004.

- DEWEY, J. Como pensamos. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1959.
- _____. **Vida e educação**. Tradução e estudo preliminar por Anísio S. Teixeira. São Paulo: Melhoramentos; Rio de Janeiro: Fundação Nacional de Material Escolar, 1978.
- _____. O desenvolvimento do Pragmatismo Americano. **Cognitio-Estudos**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 119-132, 2008.
- DIEFENBACH, S.; HASSENZAHN, M. The dilemma of the hedonic: appreciated, but hard to justify. **Interacting with Computers**, Oxford, v. 23, n. 5, p. 461-472, 2011.
- DIEFENBACH, S.; ULLRICH, D. An experience perspective on intuitive interaction: central components and the special effect of domain transfer distance. **Interacting with Computers**, Oxford, v. 27, n. 3, p. 210-234, 2015.
- DING, Y. et al. Using event related potentials to identify a user's behavioural intention aroused by product form design. **Applied Ergonomics**, Amsterdam, v. 55, p. 117-123, 2016.
- DINGLI, A.; GIORDIMAINA, A. Webcam-based detection of emotional states. **Visual Computer**, New York, v. 33, n. 4, p. 459-469, 2017.
- DUSCHENES, R. et al. The importance of user centered design methods applied to the design of a new workstation: a case study. **Work-a Journal of Prevention Assessment & Rehabilitation**, Amsterdam, v. 41, p. 984-988, 2012.
- DWEK, M; COUTINHO, H; MATHEUS, F. Por uma formação crítica em engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 39., 3-6 out. 2011, Blumenau. **Anais...** Brasília, DF: Abenge, 2011.
- FEENBERG, A. Teoria crítica da tecnologia: um panorama. In: NEDER, R. T. (Org.). **Andrew Feenberg**: racionalização democrática, poder e tecnologia. Brasília, DF: Observatório do Movimento pela Tecnologia Social na América Latina/Centro de Desenvolvimento Sustentável. (Série Cadernos Primeira Versão: CCTS – Construção Crítica da Tecnologia & Sustentabilidade, 2010 v. 1., n. 3).
- FERREIRA, N. G. M. L. O papel da experiência na filosofia de John Dewey. **Filogenese**, Marília, v. 4, n. 2, p. 147-156, 2011.
- FRASER, J.; PLEWES, S. Applications of a UX maturity model to influencing HF best practices in technology centric companies: lessons from Edison. **Procedia Manufacturing**, Amsterdam, v. 3, p. 626-631, 2015.
- GONGUET, A. et al. SlideWorld: a multidisciplinary research project to reinvent the videoconferencing user experience. **Bell Labs Technical Journal**, Hoboken, v. 17, n. 4, p. 133-144, 2013.
- GREEN, W.; JORDAN, P. W. (Ed.). **Human factors in product design**: current practice and future trends. Abingdon: CRC Press, 1999.
- HASSENZAHN, M. The interplay of beauty, goodness, and usability in interactive products. **Human-Computer Interaction**, Abingdon, v. 19, n. 4, p. 319-349, 2004.
- _____. **Experience design**: technology for all the right reasons. London: Morgan & Claypool Publishers, 2010.
- HASSENZAHN, M.; ULLRICH, D. To do or not to do: differences in user experience and retrospective judgments depending on the presence or absence of instrumental goals. **Interacting with Computers**, Oxford, v. 19, n. 4, p. 429-437, 2007.
- HASSENZAHN, M.; SCHÖBEL, M.; TRAUTMANN, T. How motivational orientation influences the evaluation and choice of hedonic and pragmatic interactive products: the role of regulatory focus. **Interacting with Computers**, Oxford, v. 20, n. 4-5, p. 473-479, 2008.
- HASSENZAHN, M.; DIEFENBACH, S.; GÖRITZ, A. Needs, affect, and interactive products: facets of user experience. **Interacting with Computers**, Oxford, v. 22, n. 5, p. 353-362, 2010.
- HAZLETT, R. L.; BENEDEK, J. Measuring emotional valence to understand the user's experience of software. **International Journal of Human-Computer Studies**, Amsterdam, v. 65, n. 4, p. 306-314, 2007.
- HE, C.; PARRA, D.; VERBERT, K. Interactive recommender systems: a survey of the state of the art and future research challenges and opportunities. **Expert Systems with Applications**, Amsterdam, v. 56, p. 9-27, 2016.
- HODZA, P. Evaluating user experience of experiential GIS. **Transactions in GIS**, Hoboken, v. 13, n. 5-6, p. 503-525, 2009.
- HOYOS-RUIZ, J. et al. Implementation of ergonomic aspects throughout the engineering design process: human-artefact-context analysis. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, New York, v. 11, n. 2, p. 263-277, 2017.
- IIDA, I.; BUARQUE, L. **Ergonomia**: projeto e produção. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2016.
- JAPIASSÚ, H.; MARCONDES, D. Dicionário básico de filosofia. 3. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1996.
- JOKINEN, J. P. P. Emotional user experience: traits, events, and states. **International**

Journal of Human-Computer Studies, Amsterdam, v. 76, p. 67-77, 2015.

JORDAN, P. W.; PERSSON, S. Exploring users' product constructs: how people think about different types of product. **CoDesign**, Abingdon, v. 3, p. 97-106, 2007.

KALJUN, J. Intelligent support for defining aesthetical, ergonomical and material properties of designed product. **Tehnički Vjesnik**, Slavonski Brod, v. 21, n. 4, p. 835-842, 2014.

KOTLER, P.; KELLER, K. L. **Administração de marketing**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

KROUPI, E. et al. EEG correlates of pleasant and unpleasant odor perception. **ACM Transactions on Multimedia Computing Communications and Applications**, New York, v. 11, n. 1, p. 13, 2014.

LAN, Z. et al. Real-time EEG-based emotion monitoring using stable features. **The Visual Computer**, New York, v. 32, n. 3, p. 347-358, 2016.

LANUTTI, J. N. L. et al. The significance of manual wheelchairs: a comparative study on male and female users. **Procedia Manufacturing**, Amsterdam, v. 3, p. 6079-6085, 2015.

LAURANS, G. F. G.; DESMET, P. M. A.; HEKKERT, P. Assessing emotion in interaction: some problems and a new approach. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DESIGNING PLEASURABLE PRODUCTS AND INTERFACES, 4., 13-16 out. 2009, Compiègne. Proceedings... Compiègne: UTC, 2009.

LAW, E. L.-C.; ROTO, V.; HASSENZAHN, M.; VERMEEREN, A.; KORT, J. Understanding, scoping and defining user experience: a survey approach. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 27., 2009. **Proceedings...** Nova York: ACM Press, 2009. p. 719-728.

LEE, S. Understanding user experience with computer-based applications with different use purposes. **International Journal of Human-Computer Interaction**, Abingdon, v. 29, n. 11, p. 689-701, 2013.

LIN, C. L. et al. Cultural ergonomics in interactional and experiential design: conceptual framework and case study of the Taiwanese twin cup. **Applied Ergonomics**, Amsterdam, v. 52, p. 242-252, 2016.

LÖBACH, B. **Design industrial**: bases para a configuração dos produtos industriais. São Paulo: Blucher, 2001.

LORIERI, M. A. Aspectos do instrumentalismo pragmatista na teoria do conhecimento de John Dewey. **Cognitio-Estudos**, São Paulo, n. 1, p. 46-57, 2000.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MOON, H.; HAN, S. H. A creative idea generation methodology by future envisioning from the user experience perspective. **International Journal of Industrial Ergonomics**, Amsterdam, v. 56, p. 84-96, 2016.

MOON, H. et al. A design process for a customer journey map: a case study on mobile services. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries**, Hoboken, v. 26, n. 4, p. 501-514, 2016.

O'BRIEN, H. L. The influence of hedonic and utilitarian motivations on user engagement: the case of online shopping experiences. **Interacting with Computers**, Oxford, v. 22, n. 5, p. 344-352, 2010.

OLIVEIRA, R. N.; LIMEIRA, C. D.; SANTA-ROSA, J. G. A experiência do usuário no processo evolutivo do design. **Blucher Design Proceedings**, São Paulo, v. 1, n. 4, p. 3451-3460, 2014.

PANTALEÃO, L. F.; PINHEIRO, O. J. A intuição e o acaso no processo criativo: questões de metodologia para a inovação em design. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM DESIGN, 5., 10-12 out. 2009, Bauru. **Anais...** São Paulo: Anped, 2009.

PARK, D.; LEE, J. H.; KIM, S. Investigating the affective quality of interactivity by motion feedback in mobile touchscreen user interfaces. **International Journal of Human-Computer Studies**, Amsterdam, v. 69, n. 12, p. 839-853, 2011.

PARTALA, T.; KUJALA, S. Exploring the role of ten universal values in using products and services. **Interacting with Computers**, Oxford, v. 28, n. 3, p. 311-331, 2016.

POELS, K.; DEWITTE, S. How to capture the heart? Reviewing 20 years of emotion measurement in advertising. **Journal of Advertising Research**, Abingdon, v. 46, n. 1, p. 18-37, 2006.

REBELO, F. et al. A methodological approach to evaluate a new bicycle concept with elliptical wheels. **Procedia Manufacturing**, Amsterdam, v. 3, p. 6361-6368, 2015.

SAARILUOMAAND, P.; JOKINEN, J. P. P. Emotional dimensions of user experience: a user psychological analysis. **International Journal of Human-Computer Interaction**, Abingdon, v. 30, n. 4, p. 303-320, 2014.

SANDWEG, N.; HASSENZAHN, M.; KUHN, K. Designing a telephone-based interface for a home automation system. **International Journal of Human-Computer Interaction**, Abingdon, v. 12, n. 3-4, p. 401-414, 2000.

- SANTOS, M. C. F. A noção de experiência em John Dewey, a educação progressiva e o currículo de ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS, 8., 5-9 dez. 2011, Campinas. **Atas...** São Paulo: Abrapec, 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/E6MELc>>. Acesso em: 17 jun. 2017.
- TRAVASSOS, G.; BIOLCHINI, J. Revisões sistemáticas aplicadas a engenharia de software. In: SBES-BRAZILIAN SYMPOSIUM ON SOFTWARE ENGINEERING, 21, 2007. **Anais...**
- TOKUHISA, S.; KAMIYAMA, Y.; TOKIWA, T. Personal, physical, social, and creative contextual design for art education: How to achieve fun in art education for children. **Computers in Entertainment**, New York, v. 11, n. 4, p. 2, 2014.
- TONETTO, L. M.; DESMET, P. M. A. Why we love or hate our cars: a qualitative approach to the development of a quantitative user experience survey. **Applied Ergonomics**, Amsterdam, v. 56, p. 68-74, 2016.
- TUCH, A. N. et al. Visual complexity of websites: effects on users' experience, physiology, performance, and memory. **International Journal of Human-Computer Studies**, Amsterdam, v. 67, n. 9, p. 703-715, 2009.
- VAN SCHAİK, P.; LING, J. An integrated model of interaction experience for information retrieval in a Web-based encyclopaedia. **Interacting with Computers**, Oxford, v. 23, n. 1, p. 18-32, 2011.
- _____. A cognitive-experiential approach to modelling web navigation. **International Journal of Human-Computer Studies**, Amsterdam, v. 70, n. 9, p. 630-651, 2012.
- WANG, S. M. Public service space remodeling based on service design and behavioral maps. **Journal of Industrial and Production Engineering**, Abingdon, v. 31, n. 2, p. 76-84, 2014.
- WELLINGS, T.; WILLIAMS, M.; TENNANT, C. Understanding customers' holistic perception of switches in automotive human-machine interfaces. **Applied Ergonomics**, Amsterdam, v. 41, n. 1, p. 8-17, 2010.
- XU, W. Enhanced ergonomics approaches for product design: A user experience ecosystem perspective and case studies. **Ergonomics**, Abingdon, v. 57, n. 1, p. 34-51, 2014.

Marcelo Pereira Demilis
marcelodemilis@gmail.com

Richard Perassi Luiz de Sousa
richard.perassi@uol.com.br

Giselle Alves Diaz Merino
gisellemerino@gmail.com

DESIGN, TECNOLOGIA E PATRIMÔNIO: DIGITALIZAÇÃO TRIDIMENSIONAL COMO FERRAMENTA DE PRESERVAÇÃO DE ELEMENTOS DE PRÉDIOS HISTÓRICOS

DESIGN, TECHNOLOGY AND HERITAGE: THREE- DIMENSIONAL SCANNING FOR THE PRESERVATION OF ELEMENTS OF HISTORIC BUILDINGS

Guilherme Resende Muniz¹, Fabio Pinto da Silva¹, Wilson Kindlein Júnior¹

RESUMO: O design voltado para o patrimônio, atuando em conjunto com a digitalização tridimensional, abre um novo campo para a preservação de bens culturais. Nesse contexto, elaborou-se um projeto com finalidades histórico-pedagógicas para escanear em 3D quatro elementos de fachada de prédios históricos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, utilizando a técnica de luz estruturada. Após uma análise prévia do local dos elementos, realizou-se um breve levantamento histórico sobre cada um. Como resultado, após o tratamento dos dados adquiridos, foi possível comparar os modelos reais com os modelos digitalizados em 3D. Também foram disponibilizados os dados técnicos das digitalizações de cada elemento. Por fim, foi elaborado um fluxograma com as tomadas de decisões realizadas durante o projeto, e os modelos virtuais tiveram seu tamanho reduzido para então serem disponibilizados para visualização on-line.

PALAVRAS-CHAVE: Digitalização 3D; Preservação de Patrimônio Cultural; Elementos de Fachada; Design e Tecnologia.

ABSTRACT: Applying design and the use of three-dimensional scanning in cultural heritage opens a new field for the preservation of cultural property. Given this context, a project with historical/educational purposes was created to perform three-dimensional scanning of facade elements of four historic buildings located in the city of Porto Alegre, Brazil. The technique chosen was based on structured-light scanning. After a prior analysis of the elements, a brief historical survey for each building was done. As results, after the acquired data were processed, it was possible to compare the real models to the three-dimensional models. Technical data from the scans of each element were made available. Finally, a flowchart with all the steps followed during the process was made. Furthermore, the virtual models had their size reduced to be made available for online viewing.

KEYWORDS: 3D Scanning; Cultural Heritage Preservation; Facade Elements; Design and Technology.

INTRODUÇÃO

O design voltado ao patrimônio cultural é mais do que um campo disciplinar. Ele representa uma gama de aplicações que visa integrar o projeto por meio de uma abordagem sistêmica e processual com as competências técnicas do design, buscando alcançar ações replicáveis, contextualizadas e reconhecíveis, destinadas a intervenções metodológicas harmônicas de acordo com a complexidade e interdisciplinaridade da matéria de patrimônio cultural (LUPO; GIUNTA; TROCCHIANESI, 2011).

Nesse contexto, com os avanços das tecnologias computacionais, que têm gerado um aumento exponencial de processamento de grandes volumes de

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Fonte de financiamento:
FAPERGS, CAPES

Conflito de interesse: Nada a declarar

Submetido em: 23/09/2017
Aceito em: 20/02/2018

How to cite this article:

MUNIZ, G. R.; SILVA, F. P.; KINDLEIN JÚNIOR, W. Design, tecnologia e patrimônio: digitalização tridimensional como ferramenta de preservação de elementos de prédios históricos. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 13, n. 2, p. 53-66, 2018. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v13i2.138358>



informações, e com as novas técnicas de registro de dados, abrem-se novas possibilidades de aplicações nas mais variadas áreas do design. Dentre elas, destaca-se a digitalização tridimensional.

A digitalização 3D possibilita grandes avanços em termos de pesquisa, análise e educação, servindo como ferramenta nas mais diferentes áreas do conhecimento, como arquitetura, engenharia e jogos. Em termos de registro do patrimônio, ela é particularmente útil, pois é possível capturar digitalmente a superfície do objeto (coordenadas X, Y e Z), permitindo que o objeto seja visualizado através de diversos ângulos. A digitalização 3D também torna possível criar réplicas fidedignas, podendo também ser utilizada para o restauro das obras digitalizadas através de técnicas de prototipagem rápida, como usinagem e impressão 3D.

Os modelos 3D, tanto virtuais como físicos, possuem relevância para utilização em eventos científicos, tais como exposições em museus, centros de pesquisa e instituições de ensino. As tecnologias de impressão tridimensional facilitam o uso de modelos 3D como material pedagógico em salas de aula (GIRARD et al., 2013).

A primeira digitalização tridimensional encontrada nas pesquisas bibliográficas foi a de um Fusca, realizada pelo professor Ivan Sutherland com seus alunos da Universidade de Utah, em 1972 (MCDERMOTT, 2003). Entretanto, naquela época não havia softwares de modelagem tridimensional, tampouco scanners 3D. A solução encontrada pela equipe de Sutherland foi medir manualmente diversos pontos do carro, inserindo suas coordenadas X, Y e Z diretamente no computador. Devido ao enorme esforço que esta técnica demandava, somente metade da carenagem foi digitalizada, pois a equipe a considerou como sendo simétrica.

Outro trabalho de destaque na digitalização 3D, agora associada à conservação de patrimônio, foi o projeto The Digital Michelangelo Project. As motivações dessa iniciativa foram avançar o estado da arte da tecnologia de digitalização 3D e colocá-la a serviço das ciências humanas, criando um arquivo digital em longo prazo de alguns dos mais importantes artefatos culturais da humanidade. Para isso, uma equipe de pesquisadores da Universidade Stanford viajou para a Itália entre 1998 e 1999 a fim de digitalizar esculturas de relevância mundial. Através da técnica de triangulação a *laser*, foram digitalizadas dez estátuas, dois interiores de prédios e 1.163 fragmentos de peças. De acordo com Levoy et al. (2000), o objetivo do projeto foi digitalizar em 3D, com o máximo de detalhamento que a tecnologia permitisse, o maior número de estátuas em um ano. O destaque do projeto foi a completa digitalização 3D da estátua de David feita por Michelangelo, medindo aproximadamente sete metros de altura. Sua digitalização gerou uma malha de mais de dois bilhões de polígonos, gerando um arquivo de 32 *gigabytes*¹.

Em termos nacionais de digitalização 3D ligada ao patrimônio, destaca-se a da estátua do Cristo Redentor, no Rio de Janeiro. Por meio de uma câmera Canon 6D acoplada a um drone, foram feitas 879 fotos da estátua, cujas dimensões são de 30 metros de altura e 8,09 metros de largura (distância entre os braços). Através da técnica de fotogrametria, foi gerada uma malha do monumento com 2,5 milhões de triângulos (BETSCHART; CHEN; BLAYLOCK, 2015). Outro projeto de digitalização 3D associado ao patrimônio cultural foi o da estátua do Laçador, símbolo da cidade de Porto Alegre. A estátua mede 4,45 metros, e o seu pedestal, 2,20 metros, o que totaliza 6,65 metros de altura. O método utilizado na sua digitalização foi o da triangulação a *laser*, sendo necessário o uso de um caminhão-cesto para atingir todos os pontos da estátua. A malha resultante dessa digitalização possui 13 milhões de triângulos (FLORES, 2012).

Com o objetivo de analisar a digitalização 3D como ferramenta de auxílio na preservação de patrimônio cultural e visando preservar a memória da sociedade gaúcha, foi realizada uma parceria entre o Setor de Patrimônio Histórico (SPH) e o Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM), da

1 Disponível em: <<https://goo.gl/skAK7J>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), para digitalizar em 3D elementos de fachada dos prédios históricos da universidade. Tais estudos são apresentados neste trabalho.

Tendo em vista propósitos pedagógicos e de preservação de patrimônio, foram selecionados quatro elementos de fachada dos prédios históricos da universidade. Após as sessões de digitalização, os dados dos modelos virtuais foram processados e tratados, dando origem a dois tipos de arquivos para cada objeto. O primeiro arquivo contém todas as informações da digitalização (maior resolução) e é direcionado para registro, criação de réplicas dos elementos ou restauro. Para disponibilização e visualização na internet, em repositório digital², foram geradas versões de modelos simplificadas (com menor resolução). As etapas do projeto podem ser vistas na Figura 1.

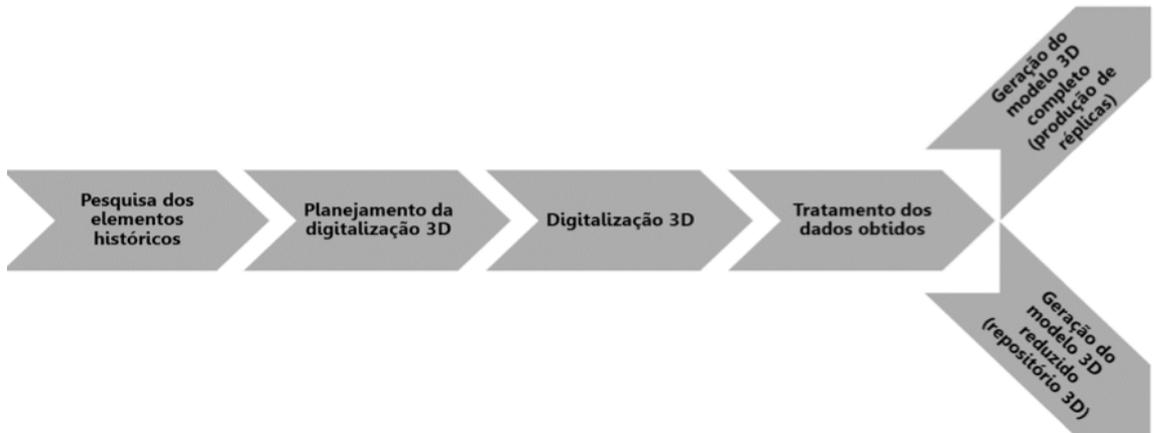


Figura 1: Etapas do projeto de digitalização dos elementos de fachada dos prédios históricos da UFRGS

Fonte: Elaboração dos autores

As digitalizações foram planejadas a partir de uma abordagem transdisciplinar, na qual o design agiu como elemento aglutinador dos demais campos do conhecimento que fizeram parte do projeto: educação, preservação de patrimônio, acessibilidade e arte. Para Cardoso (2012), grande importância do design reside, hoje, em sua capacidade de construir pontes e forjar relações num mundo cada vez mais esfacelado pela especialização e fragmentação de saberes.

De acordo com Meira (2004), o conceito de preservação é amplo e está ligado a fatores como identificação (inventários, levantamentos, documentação e registro), conservação (referente a parte física, manutenção, restauração) e valorização (relacionada a aspectos simbólicos, educação patrimonial e divulgação).

Descrição das sessões de digitalização

Todos os elementos de fachada selecionados para a digitalização encontram-se no Campus Central da UFRGS, que é considerado o primeiro campus universitário do Brasil (CARVALHAL; ACHUTTI; FONSECA, 1998). A primeira geração dos prédios históricos que viriam a se tornar a UFRGS surgiu em 1895, durante o governo Júlio de Castilhos, com a construção da Escola de Farmácia e Química Industrial.

Nesse contexto, foram selecionados para digitalização os seguintes elementos (Figura 2): um ornamento da janela do Instituto de Ciências Básicas da Saúde (ICBS); uma estátua do antigo Instituto de Química; um pilar do antigo gradil da universidade, próximo ao antigo Instituto Júlio de Castilhos; e uma janela do prédio do Observatório Astronômico.

² Disponível em: <<https://goo.gl/SDeDTN>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

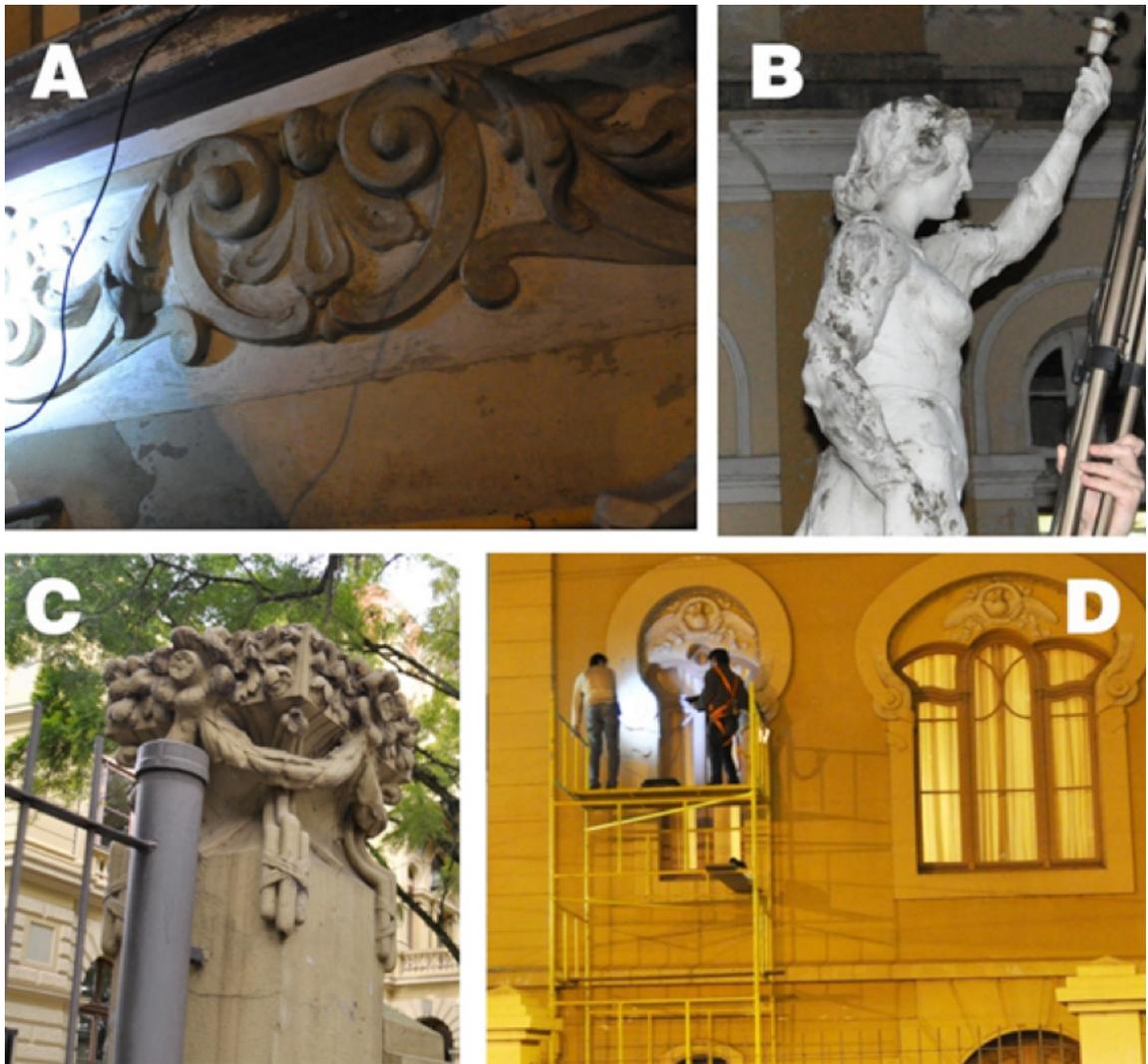


Figura 2: Elementos de fachada dos prédios históricos da UFRGS selecionados para digitalização tridimensional. (A) Adorno da janela do ICBS, (B) estátua do Instituto de Química, (C) pilar do antigo gradil da universidade e (D) janela do Observatório Astronômico

Fonte: Muniz (2015)

Localização, dimensões e forma também foram critérios levados em conta de modo a estimar o tempo necessário para a digitalização de cada elemento. Por meio desse planejamento prévio, constatou-se a necessidade da montagem de um andaime em via pública por mais de um dia. Ele foi necessário para a digitalização do ornamento da fachada do ICBS e da janela do Observatório Astronômico. Por conta disso, também foi necessário o uso de equipamentos de segurança para a equipe do projeto.

Para atingir lugares de difícil alcance, utilizou-se um extensor (Figura 3) acoplado ao scanner durante as sessões de digitalização dos seguintes elementos: janela do Observatório Astronômico, estátua do antigo Instituto de Química e pilar do antigo gradil da universidade.

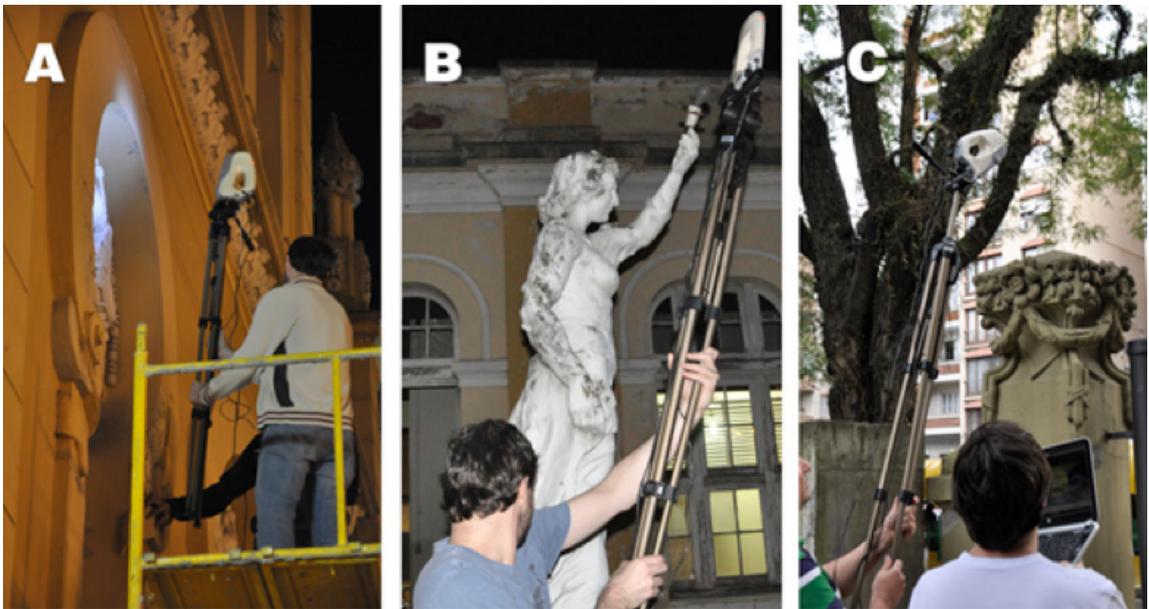


Figura 3: Uso do extensor acoplado ao scanner 3D para a digitalização tridimensional de locais de difícil alcance. (A) Janela do Observatório Astronômico, (B) estátua do Instituto de Química e (C) pilar do antigo gradil da universidade

Fonte: Muniz (2015)

DESENVOLVIMENTO

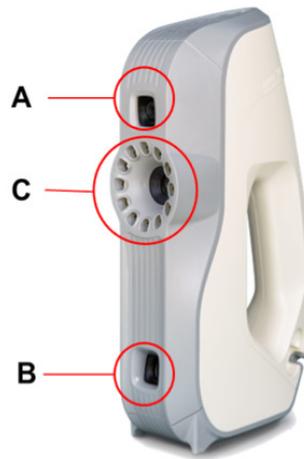
Para a digitalização 3D dos elementos de fachada dos prédios históricos da universidade, foi feito um levantamento prévio das condições de conservação dos elementos, bem como sua localização. A partir dessas informações foi traçado um cronograma levando-se em conta a disponibilização de equipamentos de infraestrutura necessários para o escaneamento 3D, como andaimes e cintos de segurança. A fase subsequente à da digitalização foi a do tratamento dos dados adquiridos, de forma que eles pudessem ser visualizados e/ou replicados por meios de prototipagem rápida como impressão 3D e usinagem.

Aquisição dos dados

As digitalizações foram realizadas com o scanner 3D modelo Artec Eva (Figura 4). Ele utiliza a técnica de luz estruturada para a digitalização, possui um nível de resolução de até 0,1 milímetro e captura até dois milhões de pontos por segundo. De acordo com a Figura 4, o equipamento projeta um padrão conhecido de luz (A) e captura imagens da deformação ocasionada pela superfície do objeto (B). Baseado na distorção desse padrão, o sistema calcula as coordenadas X, Y e Z da superfície do modelo. A captura da textura dos objetos é feita por meio de uma câmera central (C), a qual é circundada por lâmpadas de LED cuja função é uniformizar a iluminação e a cor da peça. O computador utilizado em conjunto com o scanner para as digitalizações foi um notebook com processador Intel Core i7 3.0 GHz, com 8 GB de memória RAM e placa de vídeo dedicada.

Figura 4: Sensores do scanner 3D Artec EVA. Projetor de luz (A), sensor de captura tridimensional (B) e câmera para a captura de texturas (C)

Fonte: Elaboração dos autores (2018).



Processamento dos dados das digitalizações 3D

O processamento das digitalizações foi feito utilizando-se o software Artec Studio. O computador usado foi uma estação gráfica com a seguinte configuração: dois processadores Intel Xeon 2.66 GHz com 6 núcleos, 32 GB de memória RAM e placa de vídeo Nvidia Quadro K4200. Os fechamentos de eventuais buracos e correções nas malhas triangulares foram realizados no software Geomagic Studio. Para retoques finais na textura dos modelos 3D foram usados os softwares Adobe Photoshop e Autodesk 3ds Max.

Processamento dos modelos para exibição web

Para que os modelos fossem disponibilizados no repositório de forma on-line, foi necessário reduzir o tamanho dos arquivos em relação aos originais digitalizados. Tal resultado é obtido por meio da redução do número de polígonos da malha triangular de cada arquivo (decimação da malha). Para compensar a inevitável perda de detalhes oriundas da simplificação da malha poligonal, foram criados mapas de texturas (em três casos foi gerado um mapa de normais), conferindo ao modelo simplificado uma aparência muito similar à do arquivo original. Os modelos que se utilizaram dessa técnica foram a estátua do Instituto de Química, o pilar do antigo gradil da universidade e a janela do Observatório Astronômico da UFRGS. A decimação da malha poligonal dos objetos foi feita utilizando-se o software Artec Studio. A retopologia da malha dos modelos e a criação dos mapas de normais foram feitas no software Autodesk 3ds Max. Ajustes finos de brilho, contraste, cor e índice de reflexão foram feitos alterando-se as propriedades do arquivo de material em formato .MTL, que é o arquivo que associa as texturas à malha triangular de cada um dos modelos 3D.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após serem digitalizados, os elementos de fachada foram processados e tiveram seus modelos simplificados (redução do número de polígonos) para testes on-line. Foi feito um breve relato sobre o desenvolvimento das sessões de digitalização, bem como um levantamento histórico sobre cada elemento. As tabelas com os dados técnicos das digitalizações de cada elemento encontram-se logo após as comparações entre os modelos reais e os virtuais oriundos da digitalização.

Digitalização da janela do Observatório Astronômico

A digitalização da janela do prédio do Observatório Astronômico foi a mais complexa, tanto sob o aspecto logístico como o da própria digitalização. Como a sua localização é de difícil acesso, foi necessária a montagem de um andaime de aproximadamente 4 metros de altura (A) e de um extensor acoplado ao scanner (B) para realizar a captura dos dados (Figura 5).



Figura 5: Janela do Observatório Astronômico da UFRGS. Digitalização com andaime (A) e extensor (B)

Fonte: Muniz (2015)

O Observatório Astronômico da UFRGS, cuja janela é apresentada na Figura 6, foi inaugurado em 1908. Projetado pelo engenheiro Manoel Assumpção Barbosa Itaqui, o observatório também prestava serviços meteorológicos à comunidade de Porto Alegre, além dos estudos astronômicos. O estilo arquitetônico do prédio pode ser descrito como uma mescla de tendências dentro do estilo art nouveau. O Observatório Astronômico passou a fornecer a hora certa de Porto Alegre a partir de 1912. Para tal, três lâmpadas eram colocadas em locais distintos da cidade: no Instituto Júlio de Castilhos, na confeitaria Rocco e na Intendência Municipal. Elas eram acesas às 19h55min e apagadas às 20h, de modo que toda a cidade pudesse saber a hora certa (REPOSITÓRIO 3D DO LABORATÓRIO DE DESIGN E SELEÇÃO DE MATERIAIS, 2015a). A Tabela 1 apresenta os dados do modelo digitalizado.

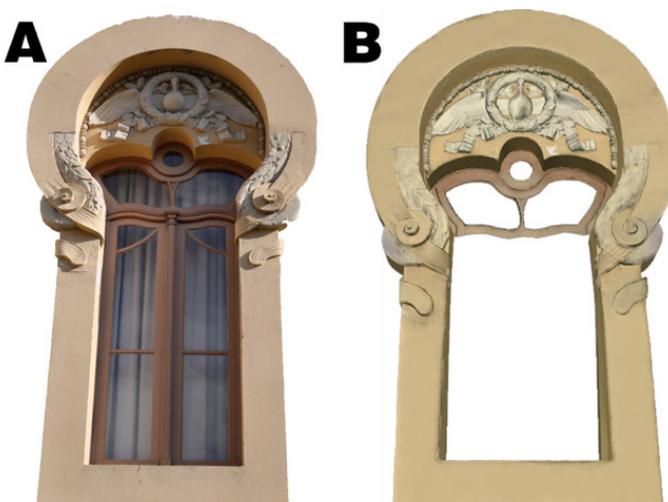


Figura 6: Comparação entre a foto real da Janela do Observatório (A) e o modelo virtual 3D exibido on-line (B)

Fonte: Muniz (2015)

Tabela 1: Dados da digitalização da janela do Observatório Astronômico

Parâmetros	Modelo em alta resolução (arquivo original)	Modelo em baixa resolução (visualização on-line)
Nº de vértices	19.999.860	41.718
Tipo de faces	Triângulos	Triângulos
Nº de faces	200.822.105	82.271
Tamanho da malha	978 MB (.stl)	5,30 MB (.obj)
Mapa de textura/cor (tamanho e resolução)	-	1,08 MB (4K)
Mapa de normais (tamanho e resolução)	-	0,22 MB (1024)

Fonte: Muniz (2015)

Digitalização do ornamento do Instituto de Ciências Básicas da Saúde (ICBS)

Devido ao formato mais simples, à localização e às dimensões, a digitalização do adorno do ICBS foi a que menos demandou tempo de captura, processamento e tratamento dos dados dentre todos os elementos do projeto. A Figura 7 e a Tabela 2 apresentam o resultado da digitalização.

O início da construção do antigo prédio da Faculdade de Medicina ocorreu em 1913. Com estilo neoclássico, o prédio foi projetado pelo arquiteto Theodor Wiederspahn. A obra foi executada, no início, por Rudolph Ahrons e foi concluída por Augusto Sartori, sendo os ornamentos externos do prédio de autoria do escultor italiano Frederico Pellarin. O prédio passou por ampliações em 1937, 1952 e 1955. Posteriormente, ele foi sede do Instituto de Ciências Básicas da Saúde (ICBS), responsável pelo curso de biomedicina e de mais seis programas de pós-graduação. O prédio possui uma área construída de 9.285 m² e, atualmente, encontra-se em restauração (REPOSITÓRIO 3D DO LABORATÓRIO DE DESIGN E SELEÇÃO DE MATERIAIS, 2015b).

Figura 7: Comparação entre o modelo virtual 3D exibido on-line (A) e a foto real do elemento de fachada do ICBS (B)

Fonte: Muniz (2015)



Tabela 2: Dados da digitalização do ornamento da janela do ICBS

Parâmetros	Modelo em alta resolução (arquivo original)	Modelo em baixa resolução (visualização on-line)
Nº de vértices	459.161	8.499
Tipo de faces	Triângulos	Triângulos
Nº de faces	911.972	16.720
Tamanho da malha	84,3 MB (.obj)	1,42 MB (.obj)
Mapa de textura/cor (tamanho e resolução)	-	0,59 MB (2K)

Fonte: Muniz (2015)

Digitalização do pilar do antigo gradil que circundava a universidade

O pilar do gradil do antigo muro que circundava a universidade foi o elemento de fachada com a forma mais complexa dentre os elementos digitalizados. Ainda assim, como seu tamanho comparado com os outros elementos que foram digitalizados é relativamente pequeno e a sua localização é de fácil acesso, foi possível fazer o seu escaneamento em apenas um turno. Esse elemento arquitetônico circundava o quarteirão da Escola de Engenharia no início do século passado. O exemplar remanescente fazia parte do antigo Instituto Ginásial Júlio de Castilhos (prédio destruído por um incêndio em 1951), ao lado da Faculdade de Direito, onde atualmente situa-se o prédio da Faculdade de Ciências Econômicas.

O Instituto Ginásial Júlio de Castilhos inicialmente era chamado de Ginásio do Rio Grande do Sul, e sua função era preparar alunos para seguirem os estudos nas instituições de nível superior que estavam surgindo. A princípio funcionava no prédio do curso de engenharia, e em 1908 foi construído seu prédio (REPOSITÓRIO 3D DO LABORATÓRIO DE DESIGN E SELEÇÃO DE MATERIAIS, 2015c).

Existem apenas dois pilares remanescentes dessa época. A comparação entre o modelo real e o digitalizado em 3D pode ser vista na Figura 8. Os dados técnicos são apresentados na Tabela 3.

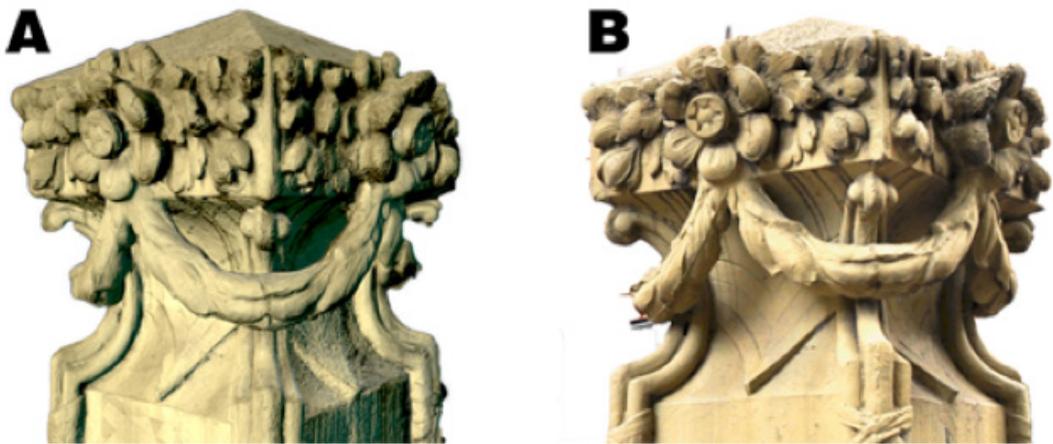


Figura 8: Comparação entre o modelo virtual em 3D (A) e a foto real do pilar do antigo gradil da universidade (B)

Fonte: Muniz (2015)

Tabela 3: Dados da digitalização do pilar do antigo gradil da universidade

Parâmetros	Modelo em alta resolução (arquivo original)	Modelo em baixa resolução (visualização on-line)
Nº de vértices	7.185.423	71.345
Tipo de faces	Triângulos	Triângulos
Nº de faces	13.688.335	142.479
Tamanho da malha	350 MB (.stl)	9,240 MB (.obj)
Mapa de textura/cor (tamanho e resolução)	-	1,58MB (4K)
Mapa de normais (tamanho e resolução)	-	0,98 MB (4K)

Fonte: Muniz (2015)

Digitalização da estátua do Instituto de Química

Como a estátua se encontra localizada no segundo andar do prédio, cogitou-se instalar um andaime para a digitalização de sua parte frontal. Entretanto, por questões logísticas, sua instalação não foi possível. Sendo assim, utilizou-se o extensor acoplado ao scanner para a captura das áreas de difícil acesso.

O curso de química existia no Rio Grande do Sul desde 1897, mas era associado ao curso de farmácia. Em 1920, sob a tutela do Departamento da Engenharia, foi criado o curso de química industrial. Em 1926, foi construída sua sede própria, inaugurada pelo presidente Washington Luís, quando o curso foi elevado ao status de Instituto de Química. O projeto do prédio foi inspirado no Palácio Rocca-Saporiti, situado na cidade de Milão, e no Cumberland Terrace, em Londres. Na entrada do prédio é possível observar colunas de estilo toscano. No segundo andar há um terraço onde se encontram duas estátuas femininas que simbolizam a química. A estátua digitalizada encontra-se à direita de quem observa o prédio de fora (REPOSITÓRIO 3D DO LABORATÓRIO DE DESIGN E SELEÇÃO DE MATERIAIS, 2015d).

A comparação entre o modelo 3D resultante da digitalização que é exibido no repositório e a foto do modelo real pode ser vista na Figura 9. A Tabela 4 apresenta os dados técnicos do modelo obtido.

Figura 9: Comparação entre modelo resultante da digitalização tridimensional exibido pelo repositório 3D (A) e foto do modelo real (B)

Fonte: Muniz (2015)

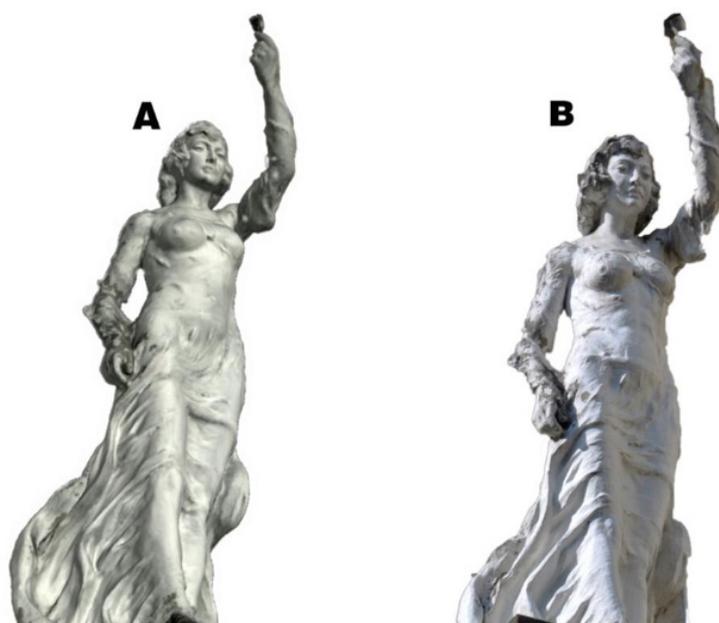


Tabela 4: Dados da digitalização da estátua do Instituto de Química

Parâmetros	Modelo em alta resolução (arquivo original)	Modelo em baixa resolução (visualização on-line)
Nº de vértices	6.910.038	57.118
Tipo de faces	Triângulos	Triângulos
Nº de faces	13.699.335	114.240
Tamanho da malha	668 MB (.stl)	7,43 MB (.obj)
Mapa de textura/cor (tamanho e resolução)	-	2,83 MB (4K)
Mapa de normais (tamanho e resolução)	-	1,01 MB (4K)

Fonte: Muniz (2015)

A Tabela 5 apresenta o tamanho de arquivo de todos os modelos virtuais construídos a partir das digitalizações 3D do projeto. Pode-se observar a comparação do modelo em alta resolução (para reprodução) e do modelo em baixa resolução (para visualização on-line).

Tabela 5: Resumo dos dados gerados a partir das digitalizações dos elementos de fachada dos prédios históricos da universidade

Objeto	Modelo em alta resolução (malha formato .stl)	Modelo em baixa resolução (malha .obj + mapas de textura .jpg)
Ornamento da janela do prédio do ICBS	84 MB	2 MB
Estátua do antigo Instituto de Química	668 MB	11,2 MB
Janela do Observatório Astronômico	978 MB	6,6 MB
Pilar do antigo gradil da universidade	350 MB	11,7 MB

Fonte: Muniz (2015)

Fluxograma do projeto

Como resultado da experiência obtida após as digitalizações 3D, elaborou-se o fluxograma da Figura 10. Nele é possível visualizar todas as etapas e o fluxo de decisões tomadas no decorrer do projeto. Esse fluxograma pode ser usado para auxiliar outros projetos similares de digitalização tridimensional com finalidade de preservação de patrimônio cultural.

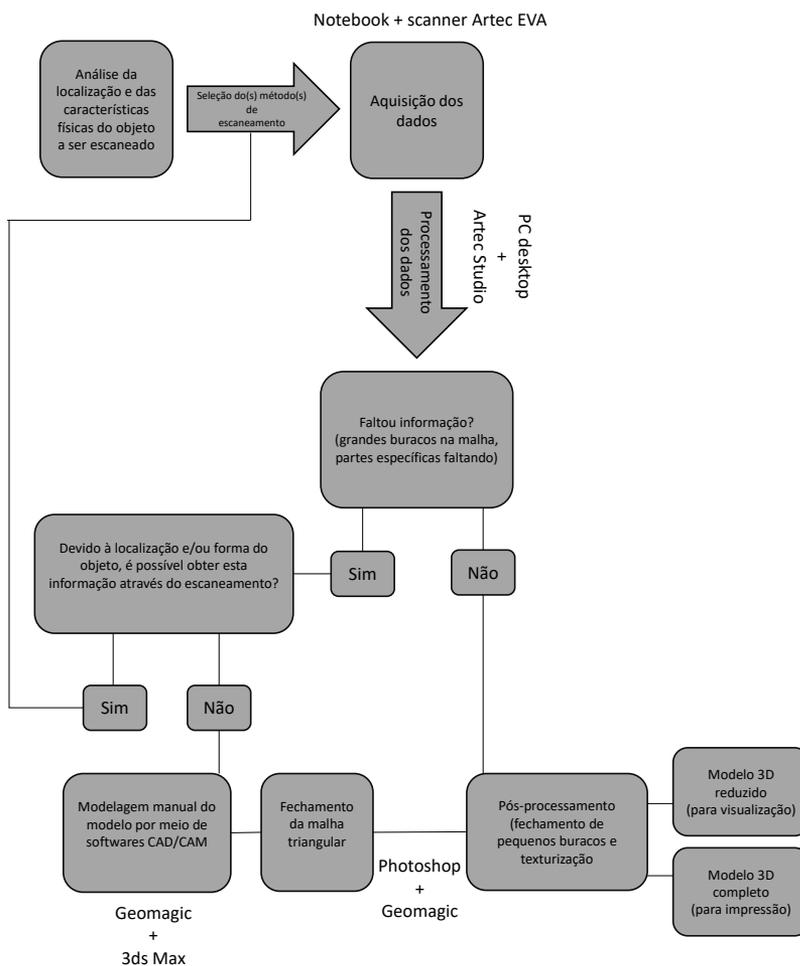


Figura 10: Fluxograma de etapas, materiais, processos e decisões do projeto de digitalização tridimensional de elementos de fachada dos prédios históricos da UFRGS

Fonte: Muniz (2015)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A digitalização tridimensional é um passo adiante na representação gráfica dos elementos culturais. Ela pode ser um importante agente para a conservação de patrimônio, facilitando e estimulando o aprendizado de maneira inovadora através da representação gráfica em três dimensões dos elementos. Diferentemente da representação fotográfica, na qual o ponto de vista é estático, na representação 3D há a possibilidade de o usuário manipular livremente o modelo, permitindo, desse modo, um número ilimitado de pontos de vista. Observa-se que o poder de processamento demandado por aplicações 3D ainda é um obstáculo que está sendo contornado pelo constante aumento da capacidade computacional e pela diminuição de preço do hardware. Entretanto, no campo da digitalização tridimensional, aplicações que demandam equipamentos de alto nível de precisão ainda apresentam um custo elevado, tanto em termos de software como de hardware. Constatou-se que o planejamento e a análise prévia dos elementos antes das sessões de digitalização foram fundamentais, reduzindo o tempo necessário de captura e processamento dos dados obtidos. Em análise visual, o uso da digitalização tridimensional foi capaz de registrar fidedignamente os elementos de fachada dos prédios históricos. As técnicas e rotas de decisão utilizadas neste artigo podem ser replicadas para novas incursões unindo design, tecnologia, educação e patrimônio.

AGRADECIMENTOS

À Secretaria do Patrimônio Histórico da UFRGS, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

REFERÊNCIAS

- BETSCHART, S.; CHEN, L.; BLAYLOCK, A. **Projeto Redentor**. Lausanne: Pix4D, 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/FLMGTo>>. Acesso em: 1º jun. 2016.
- CARDOSO, R. **Design para um mundo complexo**. São Paulo: Cosac Naify, 2012.
- CARVALHAL, T. F.; ACHUTTI, L. E. R.; FONSECA, J. **Os prédios históricos da UFRGS: atualidade e memória**. Porto Alegre: UFRGS, 1998.
- FLORES, A. B. H. **Design, território e tecnologia 3D na preservação cultural em suporte material sustentável: estudo de caso do monumento "O Laçador"**. 2012. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- GIRARD, W. et al. Microscopia eletrônica. In: LOPES, J. et al. (Orgs.). **Tecnologias 3D: desvendando o passado, modelando o futuro**. Rio de Janeiro: Lexikon, 2013. p. 162-167.
- LEVOY, M. et al. The digital Michelangelo project: 3D scanning of large statues. In: ANNUAL CONFERENCE ON COMPUTER GRAPHICS AND INTERACTIVE TECHNIQUES – SIGGRAPH, 27., 2000, New Orleans. **Proceedings...** New York: ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., 2000. p. 131-144.
- LUPO, E.; GIUNTA, E.; TROCCHIANESI, R. Design research and cultural heritage: activating the value of cultural assets as open-ended knowledge systems. **Design Principles & Practices**, Milão, v. 5, p. 431-450, 2011.
- MEIRA, A. L. **O passado no futuro da cidade: políticas públicas e participação popular na preservação do patrimônio cultural de Porto Alegre**. Porto Alegre: UFRGS, 2004.
- MUNIZ, G. R. **O uso do design e das tecnologias 3D na construção do repositório digital de elementos de fachada dos prédios históricos da UFRGS**. 2015. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- MCDERMOTT, R. Robert remembers: the VW Bug. **The Utah Teapot**, Salt Lake City, 2003. Disponível em: <<https://goo.gl/8pSEGM>>. Acesso em: 10 jun. 2016.
- REPOSITÓRIO 3D DO LABORATÓRIO DE DESIGN E SELEÇÃO DE MATERIAIS. **Janela: Observatório Astronômico**. Porto Alegre:

2015a. Disponível em: <<https://goo.gl/Ai8aG8>>. Acesso em: 4 fev. 2017.

_____. **Detalhe da fachada:** antigo prédio da medicina (ICBS). Porto Alegre: 2015b. Disponível em: <<https://goo.gl/U34drL>>. Acesso em: 4 fev. 2017.

_____. **Pilar:** antigo gradil da UFRGS. Porto Alegre: 2015c. Disponível em: <<https://goo.gl/SptE4V>>. Acesso em: 4 fev. 2017.

_____. **Estátua:** Instituto de Química. Porto Alegre: 2015d. Disponível em: <<https://goo.gl/F8bxVg>>. Acesso em: 4 fev. 2017.

Guilherme Resende Muniz
guiresende20@gmail.com

Fabio Pinto da Silva
fabio.silva@ufrgs.br

Wilson Kindlein Júnior
winsolkindleinjunior@gmail.com

ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL APLICADA À ARQUITETURA: PROCESSO DE PROJETO

ARTIFICIAL LIGHTING APPLIED TO ARCHITECTURE: DESIGN PROCESS

Fernanda Brito Bandeira¹, Paulo Sergio Scarazzato¹

RESUMO: O processo de projeto, com todos os elementos que o caracterizam, é responsável pela qualidade do projeto como um todo. No Brasil, no caso de projetos de iluminação para edificações, pouco se discute sobre o seu processo de projeto, apesar do aumento de cursos de pós-graduação nesta subárea da arquitetura na última década. Este artigo apresenta alguns aspectos que, atualmente, são considerados no processo de projeto de iluminação artificial aplicado à arquitetura, segundo o entendimento de projetistas especialistas que dedicam sua atuação profissional majoritariamente a projetos de iluminação. Os especialistas foram consultados por meio de questionário eletrônico, e as questões foram desenvolvidas a partir de revisão bibliográfica temática. Os elementos consultados foram as fases de projeto, ferramentas de apoio, conceitos de qualidade de iluminação e problemas enfrentados na rotina projetual. Na sequência, a fim de delinear o processo de projeto, os resultados foram analisados com base na compilação das respostas que indicaram as atividades profissionais. Além de identificar como se dá o processo de projeto dos participantes, as respostas dos questionários indicaram que algumas fases de projeto e variáveis de projeto preconizadas na literatura não são aplicadas na sua totalidade por todos os profissionais. Também foi identificada alta incidência de alguns problemas na rotina projetual.

PALAVRAS-CHAVE: Iluminação Artificial; Projeto de Iluminação; Iluminação Aplicada à Arquitetura; Processo de Projeto; e-Questionário.

ABSTRACT: In the design process, each one of its constituent element influences the quality of the design as a whole. In Brazil, little has been discussed regarding building lighting design process, despite the growth of graduate courses in this sub-area of architectural studies in the last decade. This paper presents some aspects that are currently considered in the artificial lighting design process applied to architecture, according to the understanding of expert lighting designers. The experts were consulted through an electronic survey, and the questions were developed based on a thematic bibliographic review. The questions of the survey were about the design phases, support tools, lighting quality concepts and issues faced in the design routine. Then, to delineate the light designing process, the analysis of the results was based on the compilation of responses that showed the professional activities. Besides identifying how the participants' design process takes place, the survey responses indicated that some design phases and design variables recommended in the literature are not applied in their entirety by all professionals. It was also identified a high incidence of some common problems in the design routine.

KEYWORDS: Artificial Lighting; Lighting Design; Lighting Applied to Architecture; Design Process; e-Survey.

¹Universidade Estadual de Campinas

How to cite this article:

BANDEIRA, F. B.; SCARAZZATO, P. S. Iluminação artificial aplicada à arquitetura: processo de projeto. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v.13, n.2, p.67-80, 2018. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v13i2.132105>

Fonte de financiamento:
Fapesp, Processo nº
2017/05309-0

Conflito de interesse:
Declararam não haver

Submetido em: 10/05/2017

Aceito em: 06/03/2018



INTRODUÇÃO

A luz tem grande influência no comportamento das pessoas, podendo tanto ajudar no desempenho cognitivo para a realização de uma tarefa qualquer (WANG; BOUBEKRI, 2011) como induzir à desatenção, que, por sua vez, pode ocasionar sérias consequências à integridade física. Os benefícios de uma boa iluminação são inegáveis, tanto na escala dos edifícios como na das cidades. Iluminação adequada não apenas contribui para a manutenção da saúde, como também pode ajudar a promovê-la (JONES; MILLER; ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA, 2008). A luz pode ser repousante ou estimulante e, nos dois casos, ela é imprescindível para o equilíbrio do humor e para o bem-estar (BARON; REA; DANIELS, 1992). Dessa forma, a depender das exigências do projeto, todos os elementos subjetivos supracitados devem ser considerados no desenvolvimento de soluções com a mesma significância de elementos quantitativos.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR ISO/CIE 8995-1¹, destaca, dentre outros conceitos, os “requisitos para o planejamento da iluminação” para arquitetura. São eles: atividade do ambiente; iluminância mantida; índice limite de ofuscamento unificado; e índice de reprodução de cor (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). Apesar da importância e necessidade de normas técnicas, importa observar que elas são pensadas para expressar princípios gerais, com o objetivo de evitar iluminação inapropriada (BOYCE; SMET, 2014). Portanto, normas não podem garantir a qualidade do projeto, no qual se encontra uma série complexa de parâmetros qualitativos e quantitativos. Desse modo, compete ao especialista em iluminação interpretar e concatenar essas diretrizes para uma iluminação apropriada (REA; ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA, 2000). Assim sendo, para alcançar bons resultados nos aspectos supracitados, o especialista precisa ter a capacidade de aplicar, em seus projetos, conceitos normativos, técnicos e estéticos que promovam o bem-estar e respeitem o meio ambiente (ABOUT LIGHTING..., [201-?]).

O projeto de iluminação aplicado à arquitetura tende a ser usualmente desenvolvido por arquitetos, designers de produto, designers de interiores, iluminadores cênicos, engenheiros eletricitas e civis, bem como fabricantes de luminárias (DILAURA; ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY, 2011; OLIVEIRA, 2012). Segundo Toledo (2008), nos cursos de graduação em arquitetura oferecidos no Brasil, questões sobre iluminação costumam ser abordadas em duas frentes, dirigidas à iluminação artificial e à natural. Toledo (2008) também observa que os especialistas em iluminação muitas vezes são chamados em etapas avançadas do projeto de arquitetura, com prejuízo para o desenvolvimento compartilhado do projeto e, conseqüentemente, com subaproveitamento do potencial da iluminação natural.

Brandston (2012) observa que, enquanto temas como “aquecimento global” e “sustentabilidade” são recorrentes na política e na mídia, o mesmo não ocorre com questões de iluminação, apesar da sua importância nos dois temas citados. Ainda assim, é constante a ideia de que problemas relacionados ao uso racional de energia serão solucionados através da iluminação.

Segundo o cadastro e-MEC de instituições e cursos de educação superior, a primeira pós-graduação da área foi cadastrada em 2009. Nesse cadastro, são oferecidos 21 cursos de pós-graduação de iluminação² relacionada a arquitetura, com média de 420 horas de aulas, presente nas cinco regiões do país³. Tais dados denotam aumento no interesse por cursos de iluminação.

Portanto, com o entusiasmo crescente pela iluminação – seja pelo reconhecimento de sua importância nas atividades humanas, seja por sua caracterização como especialidade –, aumenta a demanda por projetos de

¹ “Esta norma é uma adoção idêntica, em conteúdo técnico, estrutura e redação, à ISO/CIE 8995-1:2002 e Cor 1:2005, que foi elaborada conjuntamente pelo CIE-TC e ISO/TC 159” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 6).

² Foram consideradas pós-graduações que, em seus títulos, continham as palavras ou termos “iluminação”, “arquitetura de iluminação”, “lighting” ou “lighting design” (<http://emec.mec.gov.br/>).

³ Essa busca foi realizada no site <<http://emec.mec.gov.br/>>, na ferramenta “consulta avançada”.

iluminação aplicados à arquitetura. Como consequência, surge também o interesse por entender o processo de projeto de modo a fomentar melhorias no desenvolvimento desses projetos.

Na arquitetura, métodos de projeto vêm sendo estudados de modo sistematizado desde a década de 1960, com especial valorização de metodologias que permitem um processo de projeto mais consciente e, assim, menos intuitivo (KOWALTOWSKI; BIANCHI; PETRECHE, 2011). Tal preocupação é importante, pois informações referentes à aplicação de estratégias e ferramentas e ao uso de parâmetros para auxiliar o processo de projeto são essenciais, haja vista que a tarefa de projetar arquitetura é uma atividade complexa com inúmeras variáveis (KOWALTOWSKI; BIANCHI; PETRECHE, 2011). No entanto, sobre iluminação, é enorme a dificuldade em encontrar informações sistematizadas sobre como se dá o processo em projetos. As informações mais difundidas sobre iluminação se referem a aspectos quantitativos e normativos em geral e à apresentação comentada de projetos realizados em revistas da área.

Buscas realizadas pelos autores em bases de dados⁴ demonstraram que, embora existam muitas linhas de pesquisa em iluminação, pouco se discutiu até agora sobre o processo de projeto⁵. Assim, este artigo se propõe a levantar, de forma sistemática, aspectos sobre o processo de projeto em iluminação. As informações de interesse foram colhidas por meio de aplicação de questionário, baseado principalmente nas recomendações sobre qualidade de iluminação⁶ elencadas no livro *A guide to designing quality lighting for people and buildings* (JONES; MILLER; ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA, 2008) e nas fases de projeto comumente aplicadas no desenvolvimento de projetos de arquitetura.

Qualidade de iluminação e fases de projeto

Para compreensão acerca da qualidade do projeto em iluminação, este artigo tomou como referência principal a recomendação da Illuminating Engineering Society of North America (IES), segundo a qual, a qualidade é resultante da conjugação de fatores humanos, econômicos, energéticos e ambientais associados à arquitetura, (JONES; MILLER; ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA, 2008). Embora diferentes abordagens da iluminação sejam possíveis, o grande desafio para o design de iluminação é conciliar as variáveis de projeto pertencentes a cada um dos três círculos da Figura 1, que não deve ser entendida como fechada em si mesma, mas passível de arranjos, inclusões e mesmo exclusões de itens, a depender da complexidade do projeto.

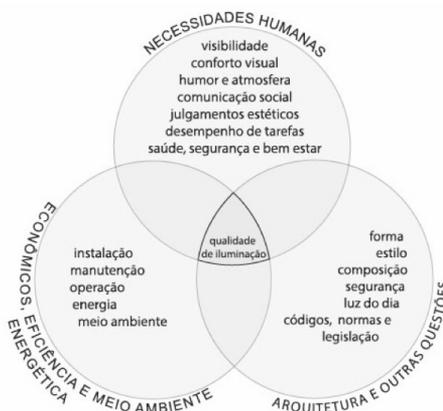


Figura 1: Qualidade de iluminação: interseção das necessidades humanas, aspectos econômicos e ambientais, arquitetura e outras questões

Fonte: Adaptado de Jones, Miller & Illuminating Engineering Society of North America, 2008.

⁴ Vinculadas ao “Portal de Periódicos Capes/MEC” (<http://www.periodicos.capes.gov.br/>).

⁵ Foram pesquisados em 22 de janeiro de 2017, com auxílio de truncamento e operadores booleanos: projeto de iluminação; projeto luminotécnico; projetista de iluminação; processo de projeto; metodologia de projeto; dentre outros, também em língua inglesa.

⁶ Tradução livre feita pelos autores a partir do termo original, *lighting quality*.

Como ocorre com outros tipos de projetos, o design de iluminação também é desenvolvido em fases. A partir de uma visão macro, é possível resumi-las em pré-projeção, projeção e pós-projeção (ROMANO, 2006). Por abordar iluminação aplicada à arquitetura, também é possível tomar como referência as fases de projeto de arquitetura definidas pela NBR 13532 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995). Já sob um ponto de vista mais específico, o *Manual de escopo de serviços e projetos luminotécnicos*, editado pela Associação Brasileira de Arquitetos de Iluminação (Asbai), sugere seis fases de desenvolvimento para o projeto de iluminação. Cada fase possui etapas recomendadas como essenciais, específicas ou opcionais a depender do escopo do projeto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ARQUITETOS DE ILUMINAÇÃO, 2000). Não há recomendações para questões projetuais. O manual da Asbai traz recomendações concernentes à documentação do processo e sugestões quanto aos produtos gerados. Desse modo, reunimos as fases preconizadas por Romano (2006), pela NBR 13532 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995) e pela Asbai (2000) no Quadro 1.

Quadro 1: Fases de projeto

Macrofases Romano (2006)	Fases ABNT (1995)	Fases Asbai (2000)
Pré-projeção	a) levantamento de dados b) programa de necessidades c) estudo de viabilidade	Fase A: concepção do produto Fase B: definição do produto
Projeção	d) estudo preliminar/ anteprojeto e) projeto executivo/ detalhamento	Fase C: identificação e solução de interfaces Fase D: detalhamento
Pós-projeção		Fase E: pós-entrega do projeto Fase F: pós-entrega da obra (ajustes finos de posição de luminárias, como focos, por exemplo; avaliação pós-ocupação etc.)

Fonte: Adaptado de Romano (2006), Associação Brasileira de Normas Técnicas (1995) e Associação Brasileira de Arquitetos de Iluminação (2000)

OBJETIVOS

Objetivo geral

Levantar aspectos que caracterizem o processo de projeto em iluminação artificial aplicado à arquitetura.

Objetivo específico

- a) Consultar profissionais brasileiros especialistas em projeto de iluminação aplicada à arquitetura.
- b) Identificar quais elementos do projeto de iluminação – como fases, ferramentas e variáveis de projeto – são, de fato, usados na prática profissional desses especialistas.

MÉTODO

O objeto deste artigo é compreender o processo de projeto de iluminação artificial para arquitetura. Logo, ficou claro que o melhor meio para entender como se dá tal processo seria consultar diretamente profissionais da área. Dessa forma, foi escolhida a aplicação de questionário estruturado para realizar pesquisa exploratória. Essa ferramenta é definida por Babbie (1999) como tipo de metodologia que coleta dados a partir de uma amostra e que tem por objetivo

conhecer certa característica da população estudada. Foi escolhido o uso de questionário eletrônico⁷, aberto para todo o Brasil e destinado a profissionais que se consideram especialistas em iluminação. Essa solução on-line evita constranger os profissionais participantes, amplia o alcance da pesquisa e assegura o preenchimento independente entre os respondentes (GÜNTHER, 2003).

Contudo, dentre os questionários preenchidos, foram selecionados apenas profissionais que dedicam 80% ou mais das suas atividades profissionais a projetos de iluminação. Assim, a amostra, além de aleatória, é específica, constituída por profissionais especialistas⁸ e atuantes no mercado de projetos de iluminação (VOLPATO; BARRETO, 2016). Por se tratar de pesquisa descritiva, a análise e a discussão dos resultados são apresentadas de modo a exibir a tendência central dos dados (VOLPATO; BARRETO, 2016), de forma que os resultados permitam inferir o que faz parte ou não do processo de projeto dos projetistas participantes. A Figura 2 apresenta o resumo das definições referentes ao método. Destaca-se que o questionário coleta variáveis qualitativas e quantitativas da atividade profissional, uma vez que são elas que constituem o processo de projeto de iluminação. O próximo tópico deste artigo detalha a elaboração de todas as questões.

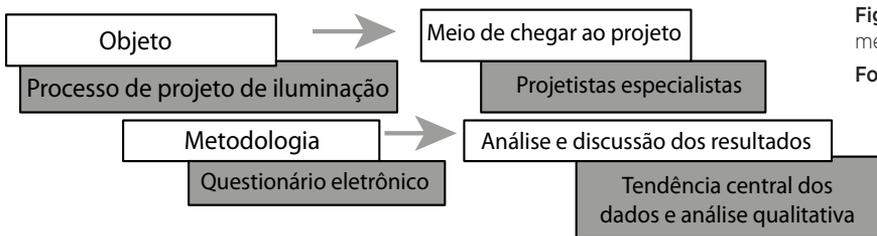


Figura 2: Esquema da metodologia

Fonte: Elaborada pelos autores

Outro detalhe a acrescentar ao método é a forma de contato com os profissionais: um endereço eletrônico (*link*) de acesso ao questionário foi enviado, seguido de breve resumo sobre os pesquisadores, a origem do questionário e seus objetivos. A participação não era obrigatória (GÜNTHER, 2003), baseada na justificativa do avanço na pesquisa sobre o tema. Tais informações foram enviadas para e-mails de entidades da área (solicitando que encaminhassem para seus associados/contatos) e divulgadas em grupos temáticos de arquitetura e iluminação nas redes sociais. A revista *Lume Arquitetura*⁹ também o compartilhou em sua página do Facebook e o enviou para seus contatos via e-mail. Esse trabalho de divulgação e coleta de dados aconteceu em fevereiro e março de 2017. A seguir, descreve-se a forma de divisão e apresentação do questionário, bem como a forma de elaboração das perguntas.

Divisão do questionário: metodologia em dois blocos temáticos de perguntas

O questionário foi organizado em dois blocos, do assunto mais geral para o mais específico de interesse (GÜNTHER, 2003). O primeiro bloco foi formado com duas questões destinadas à caracterização da amostra. O segundo, com quatro perguntas referentes ao processo de projeto adotado para projetos de iluminação, considerando: a) etapas de projeto; b) ferramentas utilizadas; c) variáveis de projeto consideradas; e d) dificuldades enfrentadas. Desse modo, as informações-chave da pesquisa foram colhidas nesse segundo bloco.

Em cada pergunta, foram incluídos campos de comentário, com o propósito de receber informação adicional, ou até mesmo de identificar alternativas faltantes na formulação da pergunta. Como a participação era voluntária, foi

⁷ A plataforma *SurveyMonkey* foi escolhida para elaborar o questionário e colher os dados, por ser gratuita para pesquisas de até dez questões.

⁸ Não se conhece a população de designers de iluminação no Brasil.

⁹ A revista *Lume Arquitetura* é referência na promoção da profissão de *Lighting Designer*.

exigido, como condição *sine qua non*, que todas as questões fossem respondidas. Como garantia de privacidade e anonimato, foi assegurado aos participantes que nem mesmo os pesquisadores teriam como identificá-los. O tipo de cada pergunta – formulário, matriz, classificação –, foi definido conforme a característica da resposta almejada na questão.

A divisão em blocos e a preferência por questões com alternativas ou associações consideraram as recomendações de Dillmann (1974 apud GÜNTHER, 2003) de que a tarefa tem que ser facilitada ao respondente e reduzido o esforço físico e mental requerido, eliminando a possibilidade de embaraços. Os tópicos a seguir descrevem em detalhes a formulação das perguntas, por blocos temáticos, na mesma sequência e divisão que foram apresentadas aos respondentes.

Metodologia do bloco 1 de perguntas: caracterização da amostra (informações gerais do profissional/escritório respondente)

Esse bloco é composto de duas questões. A primeira foi desenvolvida como um formulário com respostas abertas, e objetivou colher os seguintes dados: a) percentual de atividades dedicadas à iluminação aplicada à arquitetura – para confirmar se os respondentes atuam na área em questão¹⁰; b) ano de fundação do escritório; c) região geográfica; d) experiência profissional do projetista responsável em anos; e) composição da equipe¹¹. Os assuntos abordados nos itens b), d) e e) foram baseados no questionário desenvolvido e utilizado por Deliberador (2010).

Para a questão seguinte, definiu-se como apropriado colher os dados com pergunta classificatória, de modo que as respostas fossem apresentadas no formato *ranking*. Essa parte identificou as tipologias que compõem o portfólio dos profissionais/escritórios, e quais delas são predominantes. As alternativas¹² listadas foram: a) residencial; b) comercial; c) corporativo; d) hotelaria; e) educacional; f) institucional e/ou público. Com relação ao preenchimento, e em virtude de alguns profissionais/escritórios poderem trabalhar apenas com uma tipologia arquitetônica, foi determinado como obrigatório o preenchimento de um item (preenchimento parcial). A partir da escolha de duas tipologias, o respondente teve a obrigatoriedade de determinar qual sua posição no *ranking*, no qual 1 seria mais frequente e 6, menos frequente.

Metodologia do bloco 2 de perguntas: processo de projeto na rotina do escritório

Esse bloco é composto por quatro questões para abordar aspectos que caracterizem o processo de projeto. A primeira questão desse bloco foi desenvolvida no formato matriz para permitir a relação das afirmativas i) sim, ii) não ou iii) parcial, com as etapas: a) levantamento de dados; b) programa de necessidades; c) estudo de viabilidade; d) estudo preliminar/anteprojeto; e) projeto executivo/detalhamento; f) pós-entrega do projeto (avaliação pós-ocupação; ajustes finos de posição de luminárias e focos; etc.). Essa pergunta teve o propósito de identificar quais fases fazem parte da rotina projetual dos profissionais/escritórios, e as opções elencadas foram baseadas no Quadro 1.

Na sequência, a quarta pergunta do questionário referiu-se às ferramentas que auxiliam o processo de projeto. Solicitou-se ao respondente marcar: i) sim, ii) não ou iii) parcial para as seguintes alternativas: a) *checklists*; b) guias e manuais; c) *software* de representação e/ou simulação 3D; d) códigos, normas (ex.: NBR, ISO etc.), legislação e certificações (ex.: Procel Edifica, LEED etc.).

A quinta pergunta do questionário baseou-se no conceito de qualidade da iluminação proposto pela Illuminating Engineering Society of North America (ver Figura 1). Contudo, para fins de simplificação, as variáveis de projeto foram apresentadas de forma linear e contínua, não havendo

¹⁰ Assim, para a análise dos resultados, identificando e descartando questionários de projetistas que não se enquadrem nos objetivos da pesquisa.

¹¹ Para identificar o porte do escritório.

¹² As tipologias arquitetônicas listadas foram baseadas no mercado de atuação em arquitetura divulgado pelo primeiro Censo dos Arquitetos e Urbanistas do Brasil (CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO, 2012).

separação definida entre as necessidades humanas, aspectos econômicos e ambientais, arquitetura e outras questões. E, assim como a questão anterior, foram apresentadas as afirmativas i) sim, ii) não ou iii) parcial, a serem relacionadas com as seguintes variáveis de projeto: a) estética; b) forma, estilo e composição; c) desempenho de tarefas; d) visibilidade e conforto visual; e) luz do dia; f) humor, atmosfera e comunicação social; g) segurança, saúde e bem-estar; h) consumo de energia; i) meio ambiente e sustentabilidade; j) instalação dos equipamentos/sistemas especificados; k) manutenção e operação dos equipamentos/sistema especificados.

A sexta e última questão solicitava ao respondente indicar a ocorrência das seguintes dificuldades enfrentadas¹³ na realidade profissional: a) interferências/alterações não planejadas; b) recursos insuficientes para o escopo do projeto; c) projeto de iluminação contratado em fases avançadas do projeto de arquitetura; d) norma e legislação; e) dificuldade de acesso a publicações técnicas em virtude de idioma ou de recursos financeiros etc. A pergunta do tipo matriz permitiu relacionar cada item citado – de a) a e) – para uma das seguintes ocorrências: i) sempre; ii) frequentemente; iii) raramente; iv) nunca.

Por serem consideradas fundamentais para o entendimento do processo de projeto, foi solicitado resposta obrigatória em todas as linhas das matrizes de todas as questões do bloco 2.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O questionário foi respondido por 55 escritórios, dos quais 46 foram considerados válidos e 9, inválidos – 8 deles por não terem sido preenchidos totalmente e 1 por ter sido respondido por escritório que não exerce atividades no Brasil. Na sequência, em todos os questionários, o primeiro item analisado foi: “percentual das atividades do escritório dedicadas à iluminação”. Como resultado, dos 46 respondentes, 20 indicaram que projetos de iluminação correspondem a até 79% de suas atividades, valor considerado como insuficiente para os objetivos da pesquisa e, logo, foram descartados. Assim, dos 46 questionários válidos, 26 foram analisados, e suas respostas, consideradas neste artigo. Como todos os respondentes são especialistas em iluminação aplicada à arquitetura e atuantes nesse mercado, foi considerado que a amostra é representativa para levantar aspectos gerais do todo e, assim, iniciar um estudo sobre o tema.

A seguir, a análise e discussão das seis questões do questionário são realizadas na mesma sequência em que o método foi apresentado. Dessa forma, os 26 questionários têm seus dados discutidos coletivamente, mas por assunto. A análise e discussão dos resultados apreciam a tendência central dos dados, de forma que a moda entre os respondentes é sempre destacada (VOLPATO; BARRETO, 2016). Com relação às variáveis, algumas são qualitativas e outras quantitativas, por exemplo, “região geográfica” e “quantidade de funcionários”, respectivamente. Assim, informações gerais e a rotina de trabalho dos projetistas ajudam a delinear o processo de projeto por eles executado. Essas análises têm por fim contribuir de forma conceitual para ampliar a discussão no assunto, bem como apresentar um panorama da atuação profissional de iluminação aplicada à arquitetura.

Bloco 1 de perguntas: análise e discussão dos resultados¹⁴ e caracterização da amostra

Após identificar os questionários passíveis de análise, a fase seguinte examinou todas as respostas do bloco 1 de perguntas e caracterizou a amostra, auxiliada pelas tabelas 2, 3, 4, 5 e 6. Na Tabela 2, nota-se que arquitetos têm

¹³ A partir de estudos de casos com *lighting designers*, Toledo (2008) apresentou problemas enfrentados na realidade dos projetos de iluminação. Alguns deles foram usados nas alternativas.

¹⁴ Houve redução de uma casa decimal dos números percentuais das tabelas 3, 5 e 6 (arredondamento de valores).

participação significativa na produção de projetos de iluminação. Em segundo lugar figuram os designers, com 17 participantes.

Tabela 2: Colaboradores em categorias de especialidade: arquitetos; engenheiros e tecnólogos; desenhistas; designers; estagiários; outros

Profissão e/ou cargo	Número absoluto	Média por escritório
arquitetos	45	1,73
engenheiros e tecnólogos	10	0,38
desenhistas	9	0,34
designers	17	0,65
estagiários	19	0,73
outros	34	1,31

Fonte: Elaborada pelos autores

Assim, é possível inferir que essa especialidade, apesar de não ser exclusiva de arquitetos, é uma importante área de atuação desses profissionais. Com relação à divisão geográfica, nota-se que a maioria absoluta dos profissionais que dedicam 80% ou mais das suas atividades a projetos de iluminação estão na região Sul e Sudeste, mais especificamente 88,4%, conforme a Tabela 3. Esse dado se assemelha aos resultados da divisão demográfica de arquitetos e urbanistas nessas mesmas regiões, 76,41%, identificado pelo censo realizado pelo Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil (2012).

Foi perguntado quais eram as principais tipologias arquitetônicas que demandam projetos de iluminação. O destaque na Tabela 4 apresenta as principais tipologias que compõem o portfólio de projetos, seis respondentes destacaram que projetos corporativos são o produto principal dos seus escritórios. Nota-se que a função desses espaços tem valor comercial associado ao seu produto ou serviço. Outro aspecto que demonstra que esses ambientes são mais cuidadosamente pensados é que códigos, normas e legislações são mais exigentes em ambientes de acesso público e destinados a um maior volume de pessoas; assim, isso também se transfere para as exigências sobre qualidade da iluminação (Figura 1) (JONES; MILLER; ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA, 2008).

A maioria dos respondentes faz parte de escritórios de pequeno e médio porte (Tabela 5); apesar disso, mais de 80% têm o seu chefe com experiência alta ou que são *experts* no assunto, com 20 anos ou mais de atuação na área (Tabela 6). Esses dados demonstram que os projetos são conduzidos principalmente por escritórios de até dez funcionários, mas os escritórios possuem em sua equipe projetistas experientes na área.

Tabela 3: Divisão da amostra por região geográfica

Regiões do Brasil	Número absoluto	(%)
Centro-Oeste	0	0,0%
Nordeste	0	0,0%
Norte	3	11,5%
Sul	5	19,2%
Sudeste	18	69,2%
Total de respostas	26	100%

Fonte: Elaborada pelos autores

Tabela 4: Tipologia arquitetônica mais frequente nos serviços prestados

Tipologia	Quantidade
corporativo	6
comercial	5
educacional	5
institucional e/ou público	4
hotelaria	3
residencial	3
Total de respostas	26

Fonte: Elaborada pelos autores

Tabela 5: Classificação do escritório quanto ao tamanho

Número de funcionários	Categoria (porte)	Número absoluto	(%)
1 a 3	Pequeno	9	34,6%
4 a 10	Médio	13	50,0%
mais de 11	Grande	4	15,4%
Total de respostas		26	100%

Fonte: Elaborada pelos autores

Tabela 6: Classificação do escritório com relação à experiência do chefe em anos

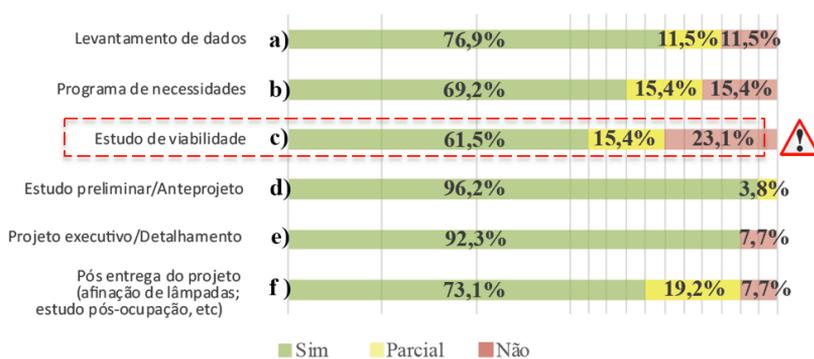
Tempo de atuação do chefe na área	Categoria	Número Absoluto	(%)
2 a 5 anos	Mínima	2	7,7%
6 a 10 anos	Pouca	2	7,7%
11 a 20 anos	Alta	9	34,6%
Mais de 20 anos	Expert	13	50,0%
Total de respostas		26	100%

Fonte: Elaborada pelos autores

Bloco 2 de perguntas: processo de projeto na rotina do escritório – análise e discussão dos resultados

Etapas de projeto – análise e discussão dos resultados

Esse tópico analisa e discute os resultados apresentados no Gráfico 1, que representa as etapas de projeto desenvolvidas pelos respondentes. Assim o item mais destacável na análise dos resultados foi “d) estudo preliminar e anteprojeto”, pois 96,2% dos projetistas executam essa fase. Essa foi a única etapa em que a alternativa negativa não recebeu qualquer marcação, o que denota prioridade na etapa d) mais do que nas etapas a), b) e c). Howard Brandston¹⁵, no livro de sua autoria, destaca que o seu primeiro passo de projeto é “obter o programa do cliente” para fazer análises objetivas e subjetivas; depois, é realizado um “estudo preliminar” para desenvolver o conceito (BRANDSTON, 2010). Dessa maneira, assim como em nossa amostra, Brandston (2010) aprofunda suas atividades no estudo preliminar.

Gráfico 1: Fases desenvolvidas no processo de projeto

Fonte: Elaborado pelos autores

Ambos nossa amostra e o *lighting designer* seguem uma sequência diferente da descrita na NBR 13532. Tendo em vista que, em geral, os projetistas de iluminação são contatados para edificação existente ou quando o estudo preliminar da arquitetura já está avançado, é compreensível que as informações do contratante possam ser suficientes para o designer de iluminação iniciar o estudo preliminar. No campo de comentários¹⁶ desta

¹⁵ Premiado *lighting designer* americano.

¹⁶ Outros comentários da questão “Etapas de projeto”: *briefing*; controlamos toda a parte inteligente da casa: automação, som, elétrica, painéis solares; revisão e acompanhamento; consultorias técnicas; etapas de-

questão, um dos projetistas destacou o *briefing* como fase, demonstrando que no caso do projeto de iluminação, o levantamento de dados pode se dar a partir de uma conversa com o contratante.

Ainda que haja um grande volume de informações disponíveis aos projetistas, faz-se necessária a realização da análise da viabilidade e a elaboração de pré-orçamentos do projeto de iluminação. Contudo, a etapa “c) estudo de viabilidade” é executada apenas por 55% dos entrevistados. Assim, é pertinente a adoção de questionamentos baseados na pesquisa de Moraes, Granja e Ruschel (2015) para justificar a não realização de estudo de viabilidade:

1) é possível que o projetista siga um orçamento já estabelecido pelo cliente e, assim, tenha que usar conceitos de *target costing*¹⁷;

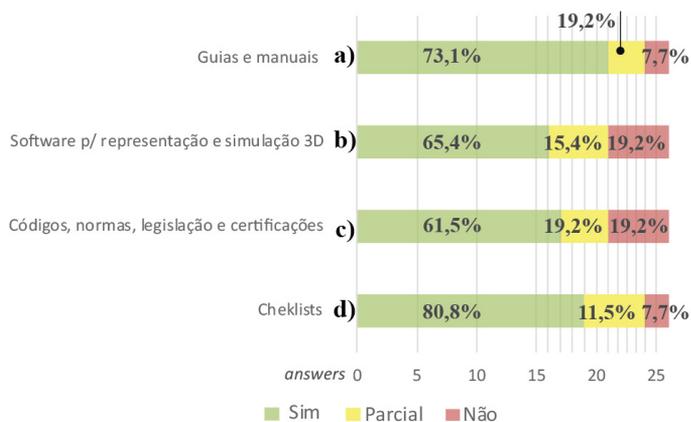
2) no campo “comentários” do tópico a seguir (ferramentas utilizadas), não é citado o uso de nenhuma ferramenta BIM¹⁸ que possa auxiliar na elaboração de quantitativos;

Assim, a análise da viabilidade do projeto poderia ser medida não apenas com uma etapa antes do estudo preliminar, mas também através de ferramentas durante o processo, como com o uso de recursos existentes no *software* DIALux.

Ferramentas utilizadas no processo de projeto – análise e discussão dos resultados

A partir da observação do Gráfico 2, nota-se que a maioria do público entrevistado, quase 80%, utiliza “d) *checklists*” e “c) códigos, normas [...]”. Também foi identificado que cada projetista/escritório utiliza pelo menos uma ferramenta de auxílio ao processo de projeto. O campo “comentários” recebeu sete respostas. A observação mais recorrente foi “*software* de cálculo luminotécnico”¹⁹ (foi citado o DIALux para simular iluminação, mas a maioria apenas citou o uso de *software* específico de iluminação). Os outros comentários destacaram alternativas não contempladas no questionário, salientando a importância de ferramentas específicas de auxílio ao projeto, como croquis/mão livre, técnicas gráficas em *software* editor de imagens (exemplo: Photoshop), catálogos técnicos, AutoCad, DIALux. Recursos computacionais influenciam o resultado do projeto em diferentes níveis (CELANI; GODOI; RODRIGUES, 2007; MORAIS; GRANJA; RUSCHEL, 2015).

Gráfico 2: Ferramentas utilizadas no processo de projeto



Fonte: Elaborado pelos autores

pendem do tipo de contrato, se há ou não outro profissional envolvido etc.; nem todas as etapas fazem parte de todos os contratos; medições de níveis de iluminamento/avaliação de iluminação existente com emissão de relatório; pesquisas relacionadas a processos físicos, químicos e biológicos; acompanhamento de concorrências de equipamentos (parcial).

¹⁷ Custeio-meta.

¹⁸ Modelagem da Informação da Construção; BIM, do inglês, *Building Information Modeling*.

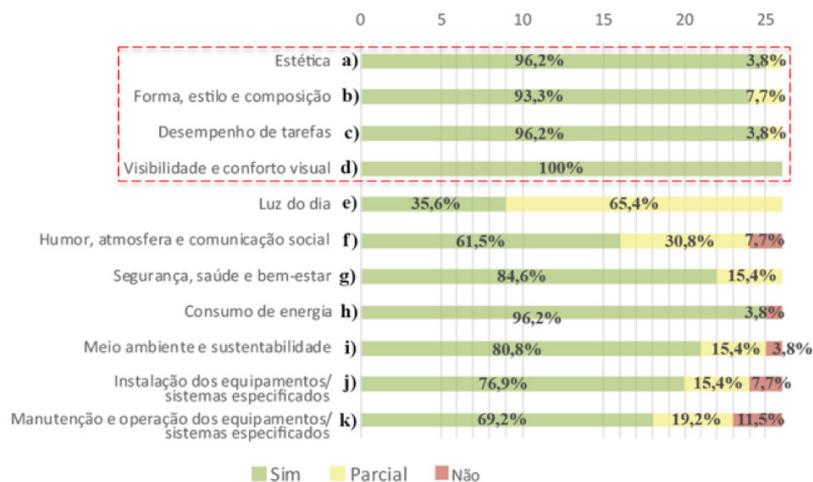
¹⁹ Texto idêntico comentado por outros três profissionais. Portanto, quatro profissionais no total destacaram o uso de *software* de cálculo de iluminação.

Variáveis consideradas no desenvolvimento dos projetos de iluminação – análise e discussão dos resultados

Esse item do questionário baseou-se na literatura sobre qualidade de iluminação com o propósito de identificar as variáveis de projeto utilizadas na prática por projetistas de iluminação (JONES; MILLER; ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA, 2008). A seguir, temos os resultados referentes aos tópicos considerados no momento de desenvolvimento do projeto. O Gráfico 3 apresenta 11²⁰ tópicos, sete deles, a), b), c), d), g), h) e i), são considerados por mais de 80% dos entrevistados. Essa coincidência é alta, especialmente se partirmos do pressuposto que existem projetos de diferentes escopos, e que alguns profissionais prestam serviços apenas em algumas fases. É destacável o item d), no qual visibilidade e conforto visual são considerados por todos os projetistas consultados, portanto o tópico é essencial a um projeto de iluminação, segundo os entrevistados.

Destacam-se também os tópicos “a) estética”, “b) forma, estilo e composição” e “c) desempenho de tarefas”, pois, além de serem considerados por mais de 90% dos respondentes, não receberam respostas negativas. Em oposição, o item menos considerado foi “k) manutenção e operação dos equipamentos/sistemas especificados”, o que sugere que sistemas de iluminação podem sofrer problemas na fase de manutenção por falta de planejamento.

Gráfico 3: Variáveis de projeto consideradas para o desenvolvimento de projetos de iluminação



Fonte: Elaborado pelos autores

O campo de comentários recebeu informações que podem ser relacionadas com algumas variáveis de projeto. Um dos comentários destacou “diálogo com o partido arquitetônico”, que pode ser relacionado à opção “b) forma, estilo e composição”; já o comentário “projetos são baseados principalmente nas normas técnicas e de segurança” se refere ao tópico “g) segurança, saúde e bem-estar”; e um terceiro reforçou que “probabilidade de ofuscamento é considerado no item visibilidade e conforto visual”, referindo-se ao tópico “d) visibilidade e conforto visual”.

Dificuldades enfrentadas pelos projetistas – análise e discussão dos resultados

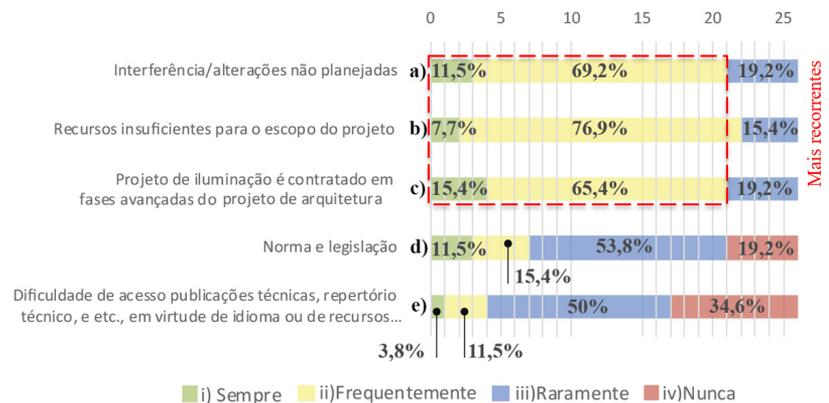
Identificar dificuldades pode servir como meio de compreensão para alguns problemas. Em virtude disso, foi questionado quais dificuldades são enfrentadas na rotina dos projetistas. Conforme o Gráfico 4, em linhas gerais,

²⁰ Os assuntos correlatos, como por exemplo, forma/estilo/composição, foram reunidos em um tópico, pois estão no mesmo círculo do diagrama da IES, Figura 1.

o problema que mais recebeu “i) sempre” foi “c) projeto de iluminação é contratado em fases avançadas do projeto de arquitetura”, que, somado à alternativa “ii) frequentemente”, dá um total de 80,8% de incidência. Essa alternativa demonstra prejuízo tanto no desenvolvimento compartilhado no momento projetual da arquitetura como no uso de recursos de iluminação natural. Isso tende a limitar o trabalho do especialista em iluminação, principalmente ao usar recursos de iluminação artificial.

Outros problemas recorrentes foram “a) interferências/alterações não planejadas” e “b) recursos insuficientes para o escopo do projeto”. A soma da incidência das alternativas “i) sempre” e “ii) frequentemente” também, nesses dois casos, é maior que 80%. Esse dado demonstra que pode haver falta de planejamento por parte do contratante ou, ainda, do *lighting designer* que é o prestador de serviço. É possível relacionar essa falta de planejamento aos resultados da etapa “c) estudo de viabilidade” do item “Etapas de projeto” (Gráfico 1), pois este só é desenvolvido por 61,5% dos projetistas, o que, no caso, se refere a 16 projetistas²¹, dos quais seis também marcaram que “i) sempre” ou “ii) frequentemente” “b) os recursos são insuficientes para o escopo do projeto” (Gráfico 4). Ainda assim, as dificuldades a), b) e c) são enfrentadas “i) sempre” ou “ii) frequentemente” por pelo menos 20 dos 26 respondentes. Isso demonstra que, possivelmente, outros aspectos causam os problemas enfrentados pelos profissionais e necessitam ser levantados em pesquisas futuras.

Gráfico 4: Dificuldades enfrentadas na rotina dos escritórios



Fonte: Elaborado pelos autores

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo do processo de projeto é fundamental para que se compreenda a relação dele com as soluções de iluminação executadas. Neste artigo, o processo de projeto de iluminação foi dividido por meio dos elementos que o compõem. Assim, a interpretação de cada parte ajudou a compreender como o todo é desenvolvido, inclusive identificando lacunas. A divisão também permitiu decompor o processo de projeto em questões. Dessa forma, por meio de questionário eletrônico, foi possível consultar *lighting designers*, os grandes responsáveis por escolher as ferramentas e desenvolver soluções de iluminação aplicadas à arquitetura.

A apreciação dos resultados em termos gerais, mantendo em mente a metodologia utilizada, demonstrou que arquitetos têm grande participação nesse mercado. Suas atividades profissionais são, principalmente, nas regiões mais industrializadas, isto é, no Sudeste e no Sul do país. Os profissionais que se dedicam ao mercado de iluminação têm experiência alta (em anos), e seus escritórios são compostos de até dez funcionários. Nota-se que os especialistas

²¹ De um total de 26.

em iluminação possuem vasta experiência na área e atuam principalmente em escritórios de pequeno e médio porte. Seus portfólios são compostos, principalmente, de arquitetura corporativa, comercial e educacional, o que demonstra que a valorização desse especialista está principalmente associada a ambientes em que a qualidade do espaço agrega valor a produtos e serviços. Assim, é possível inferir que escritórios de iluminação são focados, que seus projetistas-chefe são experientes, e que seus clientes necessitam de projetos com qualidade e segurança para acesso ao público.

Com relação às fases de projeto e seguindo a ordem preconizada pela literatura, as primeiras fases não acontecem em todos os casos. As fases “estudo preliminar” e “anteprojeto” sempre são executadas, o que evidencia maior complexidade delas e a necessidade de mapeamento para entendimento das suas subetapas e ações. Em relação às ferramentas de apoio, todos os profissionais usam pelo menos uma.

A literatura sobre processo de projeto em iluminação não se aprofunda nesse item, o que demonstra uma lacuna a ser preenchida sobre quais ferramentas são utilizadas em cada fase e para auxiliar quais atividades. Projetos de iluminação são contratados em fases avançadas do projeto de arquitetura, o que gera prejuízo na escolha de soluções que aproveitem de forma inteligente a luz natural, influenciando o uso melhor de recursos de eficiência energética em geral, e limitando, assim, o trabalho do especialista durante o projeto de iluminação artificial. Em relação a outras dificuldades que os projetistas enfrentam, é fundamental que em pesquisas futuras se identifiquem as suas causas, e ferramentas e estratégias para evitá-las.

Em pesquisas futuras, com amostra ampliada, será necessário abordar questões específicas de iluminação natural no processo de projeto, tais como uso de equipamentos e conceitos de geometria solar. Também se faz necessário investigar mais a fundo questões referentes ao uso de ferramentas de apoio, especialmente ferramentas computacionais de simulação – se há facilidade de acesso para os profissionais, quais são as mais utilizadas, dentre outros aspectos. Por fim, é destacável que a pesquisa, apesar de embrionária sobre o assunto, permitiu caracterizar o processo de projeto em iluminação por meio de aspectos até então pouco discutidos na literatura nacional. Por se tratar de uma área nova dentro da arquitetura – surgiu por volta da década de 1950 (NEUMANN, 2010) –, a prática projetual de iluminação foi pouco discutida e é pouco registrada. Dessa forma, é necessário ampliar as pesquisas nesse tema e as fronteiras do conhecimento sobre qualidade da iluminação na arquitetura.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) pela bolsa concedida, processo nº 2017/05309-0.

REFERÊNCIAS

- ABOUT LIGHTING design. **International Association of Lighting Designers**. Chicago, [201-?]. Disponível em: <<https://bit.ly/2v2cpfP>>. Acesso em: 7 set 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ARQUITETOS DE ILUMINAÇÃO. **Manual de escopo de projeto luminotécnico**. São Paulo, 2000. Disponível em: <<https://bit.ly/2GNfeCM>>. Acesso em: 1º mar. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13532**: elaboração de projetos de edificações: arquitetura. Rio de Janeiro, 1995.
- _____. **NBR ISO/CIE 8995-1**: iluminação de ambientes de trabalho. Rio de Janeiro, 2013.
- BABBIE, E. **Métodos de pesquisa de survey**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1999.
- BARON, R. A.; REA, M. S.; DANIELS, S. G. Effects of indoor lighting (illumination and spectral distribution) on the performance of cognitive tasks and interpersonal behaviors: the potential mediating role of positive affect. **Motivation and Emotion**, Dordrecht, v. 16, n. 1, p. 1-33, mar. 1992. Disponível em: <<https://bit.ly/2HtvzOc>>. Acesso em: 10 maio 2017.

- BOYCE, P. R.; SMET, K. A. G. LRT symposium "Better metrics for better lighting": a summary. **Lighting Research & Technology**, Boston, v. 46, n. 6, p. 619-636, 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2HqLc8X>>. Acesso em: 10 maio 2017.
- BRANDSTON, H. M. **Aprender a ver**: a essência do design da iluminação. São Paulo: De Maio, 2010.
- _____. Lighting design: Armagedom está próximo. **Revista Lume**, São Paulo, n. 55, p. 116-117, 2012. Disponível em: <<https://bit.ly/2IJZsZT>>. Acesso em: 10 abr. 2018.
- CELANI, G.; GODOI, G.; RODRIGUES, G. O processo de projeto arquitetônico mediado por computador: um estudo de caso com o Architectural Desktop. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, 18., 2007, Curitiba. **Resumos...** Curitiba: UFPR, 2007.
- CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL. **Censo dos Arquitetos e Urbanistas do Brasil**. Brasília, 2012. Disponível em: <<https://bit.ly/2J9p6Y3>>. Acesso em: 13 mar. 2017.
- DELIBERADOR, M. S. **O processo de projeto de arquitetura escolar no estado de São Paulo**: caracterização e possibilidades de intervenção. 2010. 254 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Campinas, Campinas, 2010.
- DILAURA, D. L.; ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA. **The lighting handbook**: reference and application. 10. ed. New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2011.
- GÜNTHER, H. Como elaborar um questionário. **Série: Planejamento de Pesquisa nas Ciências Sociais**, Brasília, DF, n. 1, p. 1-15, 2003.
- JONES, C.; MILLER, N.; ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA. **Light + design**: a guide to designing quality lighting for people and buildings. New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2008.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; BIANCHI, G.; PETRECHE, J. R. D. A criatividade no processo de projeto. In: KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. (Org.). **O processo de projeto em arquitetura**: da teoria à prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 21-56.
- MORAIS, M.; GRANJA, A. D.; RUSCHEL, R. C. Restrições orçamentárias e entrega de valor: sinergias entre BIM e custeio-meta. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 7-27, ago. 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/2EBOhla>>. Acesso em: 8 jan. 2018.
- NEUMANN, D. **The structure of light**: Richard Kelly and the illumination of modern architecture. New York: Yale University Press, 2010.
- OLIVEIRA, P. R. G. **Cartilha informativa sobre lighting design**. 2012. 18 f. Monografia (Pós-Graduação em Iluminação e Design de Interiores) – Instituto de Pós-Graduação, Londrina, 2012. Disponível em: <<https://bit.ly/2qnfJNy>>. Acesso em: 1º mar. 2017.
- REA, M. S.; ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA. **The IESNA lighting handbook**: reference and application. 9. ed. New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2000.
- ROMANO, F. V. Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 23-46, set. 2006. Disponível em: <<https://bit.ly/2v7PHTA>>. Acesso em: 10 maio 2017.
- TOLEDO, B. G. **Integração de iluminação natural e artificial**: métodos e guia prático para projeto luminotécnico. 2008. 190 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- VOLPATO, G. L.; BARRETO, R. E.; **Estatística sem dor!!!** Botucatu: Best Writing, 2016.
- WANG, N.; BOUBEKRI, M. Design recommendations based on cognitive, mood and preference assessments in a sunlit workspace. **Lighting Research & Technology**, Boston, v. 43, n. 1, p. 55-72, 3 jan. 2011. Disponível em: <<https://bit.ly/2GPykrP>>. Acesso em: 10 maio 2017.

Fernanda Brito Bandeira
fbritobandeira@gmail.com

Paulo Sergio Scarazzato
pasezato@usp.br

ESCOLHAS SUSTENTÁVEIS EM SISTEMAS DE VEDAÇÃO: CONSTRUÇÃO DE UMA MÉTRICA DE AVALIAÇÃO RELATIVA

SUSTAINABLE SELECTION IN BUILDING ENVELOPE SYSTEMS: DEVELOPING A METRIC OF RELATIVE ASSESSMENT

Rafael Eduardo López Guerrero¹, Carlos Alejandro Nome²

RESUMO: A escolha de soluções eficientes para um sistema de vedação sustentável é um desafio exigente. Nesse sentido, esta pesquisa propõe desenvolver uma métrica de avaliação relativa que pondere, qualitativamente, o grau de sustentabilidade dos sistemas de vedação em projetos de habitação compacta e que sirva como método de escolha de tais tecnologias na etapa de projeto. O objeto de pesquisa justifica-se baseado na escassez de métodos simplificados a respeito e na iniciativa Casa Nordeste 1.0 de participação de uma competição internacional de projeto e execução de protótipos de casas sustentáveis operadas a energia solar, por parte da equipe do Laboratório de Modelos e Prototipagem (LM+P) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), no qual está inserido este plano de trabalho. O método proposto contempla a revisão bibliográfica sistematizada na busca de procedimentos, técnicas de avaliação/seleção existentes, assim como na adoção de categorias, critérios e variáveis de avaliação de materiais e sistemas de vedação. Foram realizados estudos pilotos para desenvolver e testar a confiabilidade da construção preliminar da métrica proposta. Os resultados apontam que é possível diminuir parcialmente a complexidade de avaliar, de maneira simultânea, questões sociais, econômicas e ambientais, próprias da visão holística que orienta o paradigma adotado por esta pesquisa. Desse modo, por meio das estimativas comparativa e qualitativa de tecnologias construtivas, é possível obter subsídios para uma escolha mais criteriosa na etapa de projeto.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade; Sistemas Construtivos de Vedação; Habitação Compacta; Métrica de Avaliação.

ABSTRACT: Selection of efficient solutions for sustainable building envelope systems is a demanding challenge. In this sense, this research proposes to develop a metric of relative assessment, to qualitatively evaluate the degree of sustainability for building envelope systems in compact home design projects. This metric will serve as a building envelope system selection method in the design stage. The object of study is justified based on the lack of simplified methods regarding the subject, and the initiative Casa Nordeste 1.0 of participating in an international competition for the design and construction of prototypes for sustainable houses operated on solar energy, by the Lab team for Models and Prototypes (LM+P) of the Federal University of Paraíba (UFPB), within which this work plan is inserted. The proposed method encompasses systematic literature review on existing search procedures or methods for evaluation / selection, as well as the adoption of categories, criteria and variables used to assess building materials and building envelope systems. In order to test the reliability of the proposed metric, pilot studies were conducted. The results show that it is possible to partially reduce the complexity of evaluating, simultaneously, social, economic, and environmental issues inherent in the holistic vision that guides the adopted research paradigm. Thus, through comparative and qualitative estimation of building technologies, it is possible to acquire subsidies for performing more thorough selections in the design stage.

KEYWORDS: Sustainability; Building Sealing Systems; Compact Habitation; Assessment Metric.

How to cite this article:

GUERRERO, R. E. L.; NOME, C. A. Escolhas sustentáveis em sistemas de vedação: construção de uma métrica de avaliação relativa. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 13, n. 2, p. 81-94, 2018. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v13i2.137631>

¹ Faculdades Integradas de Patos

² Universidade Federal da Paraíba

Fonte de financiamento:
Bolsa Demanda Social/
CAPES

Conflito de interesse:
Declararam não haver

Submetido em: 01/09/2017
Aceito em: 21/03/2018



INTRODUÇÃO

O debate da sustentabilidade vem repercutindo nos diferentes campos de atividades humanas, principalmente naquelas em que a intervenção ambiental é considerada direta. Esse é o caso da arquitetura e da construção civil, cuja atuação na transformação do ambiente, natural e construído, lhes concede um papel fundamental nesse debate. Os avanços das discussões relativas ao impacto ambiental da construção culminam no conceito de construção sustentável (INTERNATIONAL COUNCIL FOR BUILDING, 1999). Assim ponderam-se, além dos impactos ambientais, os impactos tecnológicos, econômicos e sociais de toda a cadeia construtiva (AGOPYAN; JOHN, 2011; EDWARDS, 2008).

Segundo Edwards (2008), 60% dos recursos materiais retirados da natureza e 50% dos resíduos produzidos em cada país estão relacionados ao setor da construção. Igualmente, os edifícios são responsáveis por 50% do consumo de energia mundial, 50% de água potável, 80% do melhor solo cultivável e 60% dos produtos madeireiros mundiais (EDWARDS, 2008). A construção civil é uma das atividades de maior impacto no planeta e possui grande dependência de recursos naturais. Devido à condição finita desses recursos, são de suma importância a criação ou o resgate de estratégias que diminuam os impactos desse consumo.

Um importante número de pesquisas e iniciativas tem se desenvolvido como tentativa de diminuir tais impactos e buscar novas soluções para essas questões. Uma dessas iniciativas é uma competição internacional de projeto e execução de protótipos de casas sustentáveis operadas a energia solar, criada no ano 2002 pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE). O objetivo da competição é oferecer soluções de alto desempenho em habitações unifamiliares, energeticamente autossuficientes, operadas a energia solar e que impactos socioambientais sejam reduzidos em todas as etapas do seu ciclo de vida. Trata-se de uma contribuição educacional, tangível e multidisciplinar para o desenvolvimento e a divulgação de uma arquitetura sustentável, racionalizada e inovadora para o setor residencial (NAVARRO et al., 2014).

Considerando as diferentes abordagens do paradigma de sustentabilidade no ambiente construído, a seleção das partes que comporão a edificação representa a tarefa mais controversa do setor (SAGHAFI; TESHNIZI, 2011). Isso resulta das dificuldades inerentes a avaliações abrangentes e integradas, bem como das particularidades próprias de cada material, a exemplo da complexidade de processos produtivos e diferentes variáveis envolvidas ao longo do ciclo da vida dos mesmos (JOHN; DE OLIVEIRA; AGOPYAN, 2006).

Desse modo, esta pesquisa propõe uma métrica de avaliação que considere, qualitativamente, o grau de sustentabilidade de materiais e sistemas de vedação para projetos de habitação compacta. Além disso, objetiva-se que tal consideração atinja aspectos do impacto ambiental, econômico e social das tecnologias construtivas analisadas, abrangendo, desse modo, o tripé básico da sustentabilidade. Esses objetivos dão suporte direto à participação da equipe Casa Nordeste da Universidade Federal da Paraíba na competição internacional mencionada.

A métrica de avaliação proposta reconhece os impactos indicados como um método de orientação de escolhas durante a etapa de projeto, quando ainda podem ser previstos e minimizados os custos e danos ambientais (AGOPYAN; JOHN, 2011; DING, 2008). O objeto de estudo é justificado perante a escassez de literatura e de pesquisas disponíveis direcionadas à avaliação comparativa da qualidade dos sistemas de vedação. Isso representa uma busca por equilíbrio “entre exaustividade e simplicidade” (DING, 2008, p. 457) numa ferramenta de avaliação ambiental do ambiente construído.

MÉTODO

O desenvolvimento de métrica de avaliação relativa de sistemas de envoltória consistiu em um experimento composto por uma série de estudos pilotos. Foram adotados métodos quantitativos e qualitativos como questionários, entrevistas e procedimentos de análise formal de conteúdo, bem como estatística descritiva. Um questionário sobre diferentes opções construtivas passíveis de aplicação numa habitação compacta foi estruturado para esta finalidade. Partiu-se de uma revisão bibliográfica e documental aprofundada em relação aos temas abordados: critérios de sustentabilidade na seleção de materiais construtivos e na seleção de sistemas construtivos de vedação, assim como as provas da competição para a qual a Casa Nordeste 1.0 está sendo desenvolvida. A seguir foi estabelecida a estrutura básica da métrica aqui discutida, dividida em categorias relativas a distintos aspectos de sustentabilidade, critérios de avaliação relevantes, e as subsequentes variáveis passíveis de avaliação pelo usuário (Figura 1). Uma vez definida preliminarmente, a métrica foi testada por meio de cinco estudos pilotos durante os diferentes níveis de desenvolvimento da métrica, que possibilitaram verificar a confiabilidade e coerência do instrumento, aprimorando o seu funcionamento e diminuindo a complexidade na aplicação.

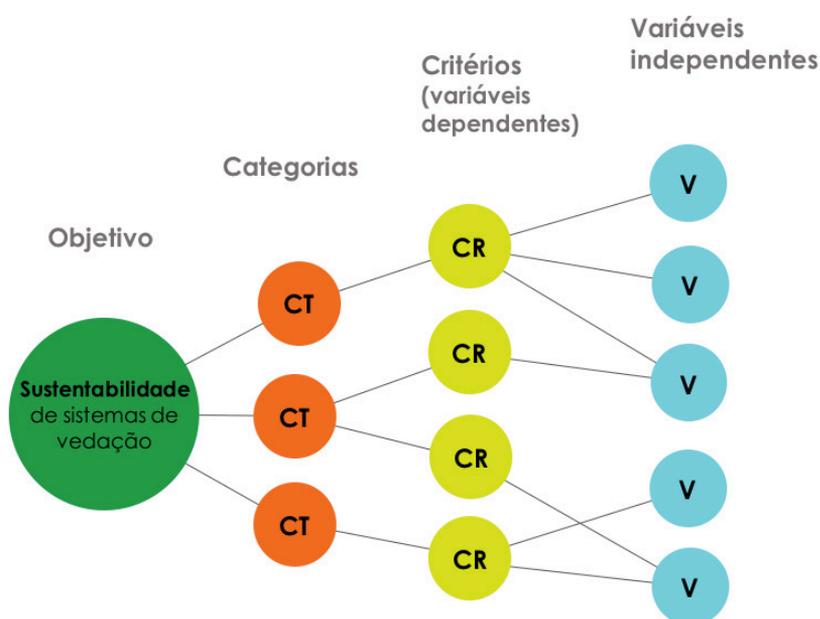


Figura 1: Diagrama conceitual das relações que estruturam a métrica de avaliação

Fonte: GUERRERO, 2016

A métrica foi definida para avaliar sistemas construtivos de vedação, mas, para conseguir tal objetivo, primeiramente devem ser avaliados os materiais que compõem tais sistemas. Desse modo, a métrica foi estruturada em dois escopos de análise, materiais e componentes (escopo MAT-COM) e elementos e sistemas de vedação (escopo ELE-SIS); pois ambos os escopos demandam critérios de avaliação diferenciados. A seguir, as etapas do método são apresentadas com maior detalhamento.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica aborda sistemas, métodos e conceitos, no tocante à escolha de materiais e construtivos de vedação. Primeiramente, foram

definidas as bases de periódicos científicos: *Science Direct*, *Emerald Insight*, *Scopus*, *Web of Science*, *Scielo*, *Google Scholar* e *Biblioteca Digital de Teses e Dissertações*. Foram adotados os seguintes procedimentos de busca e seleção nas bases de dados selecionadas:

- a) inserção das palavras-chave “buildings materials” + “selection” + “sustainable” para fontes estrangeiras; “Seleção materiais construtivos” + “avaliação materiais construtivos” + “sustentabilidade” para fontes nacionais;
- b) utilização de filtros para selecionar pesquisas entre os anos 1999 e 2015 (do ano de publicação da Agenda 21 para construção sustentável ao fim da revisão de literatura) publicadas em periódicos científicos;
- c) ordenação dos resultados por relevância a partir das opções oferecidas nas bases de dados;
- d) seleção dos primeiros 100 resultados listados;
- e) eliminação de artigos que não contemplavam o desenvolvimento da área ou aqueles que só apresentavam resumos;
- f) eliminação de duplicações listadas e selecionadas em mais de uma base de periódicos.

Seleção de critérios de avaliação

Todos os critérios foram extraídos da revisão bibliográfica. Primeiramente foram definidas diretrizes de revisão dos documentos selecionados, relacionadas a ambos escopos de análise e a propriedades atribuíveis às partes da edificação: propriedades físicas, propriedades físico-espaciais do conjunto, além dos atributos indiretos. Os documentos revisados abrangeram quatro categorias: normativas nacionais; selos e certificações de sustentabilidade na construção civil; obras e/ou autores destacados na área; e trabalhos acadêmicos nacionais e internacionais.

Os critérios foram tabulados em arquivo do Excel e selecionados em função da frequência de citação dos diferentes documentos ou autores. Assim, foram escolhidos os critérios cuja frequência fosse maior do que 50%, em qualquer dos seguintes três grupos bibliográficos e/ou documentais: (1) por autores e/ou documentos em geral, (2) por autores e/ou documentos nacionais, e (3) por autores e/ou documentos internacionais. Critérios mencionados por mais da metade dos autores ou documentos, em dois dos três grupos, foram adotados como critério para a métrica de avaliação. Esse procedimento foi adotado para ambos os escopos da métrica de avaliação.

Seleção de variáveis de avaliação

A métrica resulta da avaliação do questionário estruturado a partir das variáveis selecionadas da literatura. Uma vez adotados os critérios de avaliação, foi constatada a sua complexidade de mensuração em ambos os escopos da pesquisa. Isso devido à pouca informação disponibilizada pelos fornecedores para determinados materiais e sistemas de vedação no Brasil, bem como a dificuldade de reunir e rastrear tais informações dentro da cadeia produtiva nacional. Tais dificuldades são frequentemente expressas por diversos autores (AGOPYAN; JOHN, 2011; CAVALCANTE, 2011; OLIVEIRA, 2009).

Para facilitar a consideração dos critérios adotados no uso da métrica, foi proposta a investigação de processos que, direta ou indiretamente, fossem a eles determinantes. Para isso, novamente, foram utilizados os autores e documentos referenciados na adoção dos critérios, mas com a finalidade de identificar o que cada um deles considera relevante para a avaliação de cada critério específico. A partir dos autores considerados relevantes na área, critérios selecionados foram tabulados para revisão e extração de variáveis.

Assim, também foram tabuladas, para cada critério, as variáveis descritas por cada autor. Ainda foram realizados estudos pilotos para ajustar o processo de seleção de variáveis.

Apresentação dos resultados

Os resultados da métrica são apresentados através de um gráfico de radar dividido em sete eixos, que representam cada uma das categorias definidas (CT). Assim sendo, distintas variáveis, critérios e categorias foram enunciados como atributos diretos, com valores qualitativos maiores aos valores numéricos mais elevados. Isto é, quanto maior a área sombreada pelo gráfico, maior o desempenho positivo do produto avaliado (ver Figura 2).

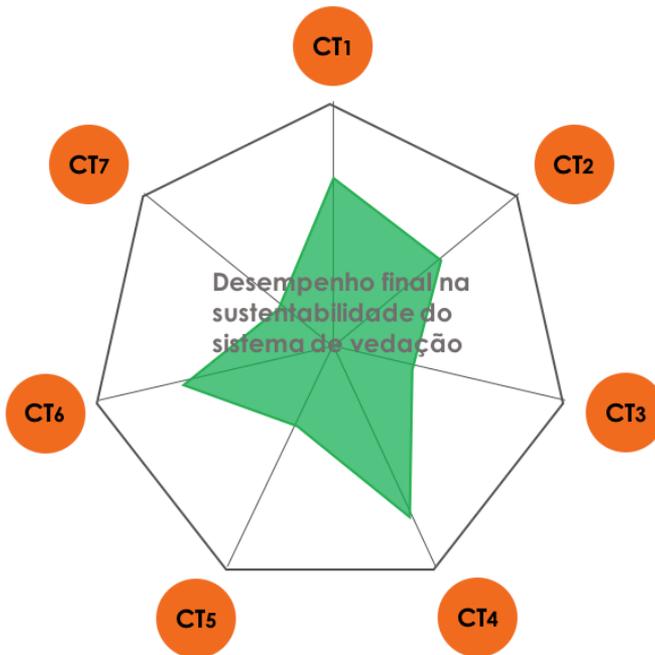


Figura 2: Representação gráfica dos resultados obtidos com a avaliação da métrica

Fonte: GUERRERO, 2016

Testes de verificação

A fim de verificar a confiabilidade e aplicabilidade da métrica foram realizados cinco estudos pilotos. Os estudos consistiram na utilização da ferramenta proposta considerando um sistema de envoltória predefinido. Em seguida os participantes respondiam perguntas sobre a estrutura da ferramenta, dinâmica de uso e relevância dos resultados.

Os primeiros dois estudos pilotos foram aplicados a cinco pesquisadores, formados em arquitetura e urbanismo ou design, integrantes do Laboratório de Modelagem e Prototipagem (LM+P), do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), e tinham como finalidade o aprimoramento da métrica preliminarmente estruturada. Os participantes responderam perguntas quanto a clareza dos procedimentos, bem como formato dos resultados. Desses estudos resultaram em eliminação de perguntas redundantes, ajustes nas escalas de avaliação, desenvolvimento de um glossário, bem como a preparação de material de suporte para o uso da métrica.

O terceiro foi aplicado a quatro avaliadores externos ao Laboratório: dois docentes da área de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); um docente de Engenharia Mecânica (com atuação

na avaliação de materiais e sustentabilidade) e um docente de Engenharia Civil e Ambiental, ambos pertencentes à UFPB. Todos eles atuam como professores em programas de pós-graduação. Foi solicitado avaliar só um sistema de vedação, pois esse estudo tinha como finalidade testar a compreensão e aplicabilidade das variáveis propostas. Perguntas abertas foram igualmente realizadas num questionário, visando coletar as dificuldades encontradas e recomendações propostas.

Uma vez aprimorado o instrumento, foi aplicado um quarto estudo piloto com a mesma finalidade do anterior, aplicado a projetistas (três arquitetos docentes da UFPB), pois a métrica foi desenvolvida para avaliação qualitativa durante a etapa de projeto arquitetônico.

O quinto e último estudo piloto foi aplicado a três estudantes do oitavo semestre da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFPB. A finalidade foi verificar a compreensão das variáveis e a coerência dos resultados. Isso foi feito aplicando a ferramenta a usuários não especializados e com os mesmos sistemas de vedação sendo analisados. Desse modo, os resultados da aplicação da ferramenta foram comparados a fim de caracterizar as diferenças de uma mesma avaliação realizada por distintos avaliadores. Para os dois últimos testes foram avaliados sistemas construtivos de vedação passíveis de aplicação em protótipos de habitação compacta, análogos aos utilizados na Casa Nordeste 1.0.

RESULTADOS

Adoção das categorias de avaliação

Foram adotadas sete categorias para os dois escopos do estudo, Materiais e/ou Componentes (MAT-COM) e Elementos e/ou Sistemas de Vedação (ELE-SIS) (Figuras 3 e 4), baseadas na pesquisa de Oliveira (2009). A escolha desse trabalho deve-se à semelhança com a proposta deste artigo, tanto no tocante à sua abrangência e sistematização da informação como na definição de critérios de avaliação de materiais e componentes da construção civil.

Adoção de critérios e variáveis de avaliação

Após a revisão na literatura e tabulação para a seleção sistematizada, foram selecionados 18 critérios de avaliação de materiais construtivos para o escopo MAT-COM (Figura 3) e 10 critérios de avaliação para sistemas de vedação no escopo ELE-SIS (Figura 4).

Para a métrica de avaliação proposta foram adotadas 22 variáveis para o escopo MAT-COM (Figura 3), e 39 variáveis para sistemas de vedação no escopo ELE-SIS (Figura 4). É importante ressaltar que o escopo MAT-COM foi dividido em função do ciclo de vida da construção, sendo sintetizado em três etapas: (1) extração de matéria-prima, industrialização e manufatura; (2) instalação, uso e manutenção; e (3) disposição final. Algumas das 22 variáveis do escopo MAT-COM se repetem em diferentes etapas designadas. Desse modo, a avaliação dos materiais seria efetuada por variáveis de impacto ambiental ao longo do ciclo de vida do material ou componente em questão. As etapas no ciclo da vida adotadas para o agrupamento são as propostas por Calkings (2009).

Ainda, no escopo ELE-SIS foram acrescentados aspectos socioeconômicos, os quais consideram os custos e possíveis impactos sociais dos sistemas de vedação. Para essa etapa foram adotadas variáveis de avaliação da ferramenta “seis passos” para seleção de insumos e fornecedores, proposta pelo Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (2015).

Escalas de avaliação

Escalas de avaliação ordinal foram adotadas para as variáveis, sendo adaptadas e adequadas em função das questões postuladas na ferramenta. A escala ordinal permite medir ou classificar valores diferentes sem que a diferença entre esses valores seja necessariamente absoluta ou constante; portanto, tal categorização será sempre relativa aos problemas comparados (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). As escalas foram estruturadas em: cinco atributos ou opções de resposta (ex.: muito alto – alto – médio – baixo – muito baixo); em três atributos (ex.: inexistente – simples – de alto-forno); ou em dois atributos (ex.: existente – inexistente); além disso, cada questão contém a possibilidade da resposta “não sei”, caso o avaliador prefira. A escolha desse tipo de escala se deve à abordagem mista (qualitativo e quantitativo), na qual nem sempre é possível atribuir valores absolutos na avaliação.

Funcionamento da métrica

As Figuras 3 e 4 apresentam os critérios e as variáveis adotadas para a métrica de avaliação, além do funcionamento lógico de consideração e pontuação final. Nelas é demonstrada, graficamente, a relação entre as variáveis, os critérios e as categorias adotadas, com vistas a atingir o objetivo final, um indicativo do nível de sustentabilidade. Assim, por exemplo, para a variável ressaltada em vermelho na Figura 3 (quantidade de energia embutida), uma vez efetuada a avaliação na escala proposta para esta variável, são pontuados indiretamente os critérios 8 e 9 (energia embutida no ciclo da vida e emissão de gases de efeito estufa, respectivamente). Por sua vez, esses critérios transferem pontuação à categoria Energia Embutida (C), no caso do primeiro critério, e à categoria Emissões (D), no caso do segundo.

Isto é, para o exemplo posto, uma determinada quantidade de energia expressa na escala ordinal influencia positiva ou negativamente esses dois critérios e, conseqüentemente, as duas categorias, nas quais, finalmente, são expressos os resultados finais da avaliação. Cabe ressaltar que para cada critério e variável é proposto o mesmo peso relativo em termos da contribuição para a nota final do sistema avaliado. Para facilitar o entendimento da métrica proposta, como explicado nas Figuras 3 e 4, a relação entre os níveis da métrica é expressa por números (para referenciar os critérios) ou por letras (para referenciar as categorias), para ambos os escopos. A hierarquização das variáveis é de importância considerável para o refinamento da ferramenta. Esse desenvolvimento está previsto para um momento futuro do estudo.

Operacionalização e estrutura da métrica

A métrica foi estruturada em formato Excel e dividida em 9 folhas. A primeira folha representa as instruções de uso, as sete seguintes, a métrica propriamente dita, dividida nos dois escopos de avaliação, e a nona e última apresenta os resultados finais. O Quadro 1 apresenta essa estruturação.

No Quadro 1 consta o “boletim de desempenho parcial”, apresentado após o preenchimento do escopo MAT-COM. Este deve ser utilizado para avaliar cada um dos materiais constituintes do sistema de vedação. Desse modo, por exemplo, se um sistema de vedação for composto por três materiais, cada um deles é avaliado em separado nas folhas do escopo MAT-COM. No boletim de desempenho parcial, o avaliador deve indicar o percentual aproximado de cada material na composição do sistema de vedação. Da mesma forma, nesse estágio deve-se identificar camadas de ar presentes no sistema de vedação.

Quadro 1: Estrutura e apresentação da métrica de avaliação

Nº	Nome do questionário de avaliação	Etapas do ciclo de vida da construção	Variáveis avaliadas nas consultas/atividades realizadas	Escopo MAT-COM (Materiais e/ou Componentes)	Escopo ELE-SIS (Elementos e/ou Sistemas de Vedação)
1	Instruções de uso	-	-	-	-
2	MAT-COM1	Extração de matéria-prima + industrialização manufatura + embalagem e entrega + instalação, uso e manutenção + disposição final.	Referentes ao impacto socioambiental correspondente de todas as etapas do ciclo da vida.	22 variáveis	
3	MAT-COM2	Idem	Idem	Idem	
4	MAT-COM3	Idem	Idem	Idem	
5	MAT-COM4	Idem	Idem	Idem	
6	MAT-COM5	Idem	Idem	Idem	
7	Boletim de desempenho parcial	-	É equalizada a proporção quantitativa (dentro do sistema) de cada MAT-COM avaliado. Também é considerada a proporção aproximada da(s) camada(s) de ar presente(s) no sistema de vedação.	-	
8	ELE-SIS	-	Aspectos técnicos + socioambientais + socioeconômicos do conjunto.		39 variáveis
9	Desempenho total	Folha que apresenta o relatório de resultados finais			

Fonte: GUERRERO, 2016

A totalização da estimativa ocorre em paralelo com a estimativa da proporção dos materiais que compõem o sistema. Desse modo, a somatória dessas proporções deve ser igual a 100% do sistema de vedação ($\%Mat1 + \%Mat2 + \dots + \%Mat5 + \%camada\ de\ ar = 100\%$). As proporções são declaradas em intervalos de 10%, de modo a reduzir o tempo de declaração, simplificando o cálculo do volume de cada material e das camadas de ar no sistema. Essa discriminação das proporções de cada componente do sistema permite gerar um relatório de impactos produzidos por material em função da sua proporção em relação ao conjunto. Ainda, essa folha de avaliação apresenta os resultados parciais de impacto no nível de sustentabilidade. Ressalta-se que a métrica permite avaliar até cinco materiais que eventualmente compõem o sistema de vedação. Os percentuais dentro do sistema devem ser considerados só em função das folhas avaliadas, podendo ficar o restante em 0% se não forem utilizadas.

Guias de apoio

A fim de amparar o processo de resposta das variáveis, foram desenvolvidos e fornecidos guias de apoio junto das métricas. Esses são *links* associados a cada variável complexa, apresentando informações gerais, provenientes de pesquisas científicas, e que exemplificam a relação de impacto ou a importância da relação entre os produtos construtivos e a variável em questão. Assim, por exemplo, para a variável “quantidade de energia embutida”, o avaliador terá acesso a informações sucintas relativas à energia incorporada aos principais materiais construtivos, extraídas de pesquisas nacionais e internacionais especializadas no tema. É importante destacar que são priorizadas as bases nacionais e que a informação de procedência internacional é utilizada diante da carência de dados nacionais. Tais informações servirão como referência básica caso o avaliador desconheça totalmente a questão avaliada. Além dos guias de apoio, as variáveis apresentam legenda complementar explicativa caso o avaliador desconheça a pergunta formulada.

Avaliação relativa

A ferramenta proposta é caracterizada como uma métrica de avaliação relativa, de modo que as respostas devem estar relacionadas, exclusivamente, com as alternativas que o avaliador esteja examinando para o projeto arquitetônico específico. Desse modo, o resultado de uma avaliação nessa métrica limita-se a esse fim específico e depende de comparação com pelo menos uma alternativa.

Estudos pilotos

Os testes realizados durante o desenvolvimento da ferramenta foram determinantes para sua estruturação final, nos seus distintos momentos de construção. Após os primeiros estudos pilotos foram adotadas legendas complementares para variáveis e uma proposta de nova distribuição do escopo MAT-COM de acordo com princípios de ciclo da vida da construção. Aqui também foram realizadas eliminações de redundâncias, além de ajustes nas escalas de avaliação, desenvolvimento de um glossário e preparação de material introdutório para o uso da métrica.

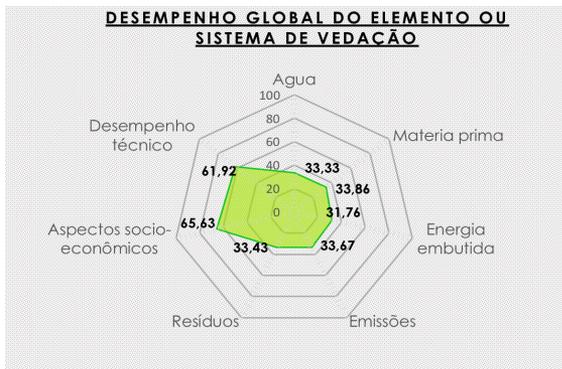
O terceiro, quarto e quinto estudos pilotos determinaram a seleção final das variáveis propostas para a métrica e o desenvolvimento das guias de apoio. Verificou-se através dos resultados desses estudos a viabilidade dos objetivos da métrica: a avaliação relativa, direcionada a projetistas. O relatório de resultados para apoio à decisão se mostrou adequado para avaliações de alternativas par a par, isto é, comparadas umas às outras. Avaliações sem alternativa para comparação, realizadas no terceiro estudo piloto, tiveram sua interpretação dificultada por falta de parâmetros prévios. Essa dificuldade foi relatada inclusive quando a métrica foi aplicada por especialistas da área.

O quarto e quinto estudos pilotos, realizados por projetistas não especializados na seleção de materiais e sistemas de vedação, reforçaram os resultados anteriores. Foi declarado que a métrica permitiu um nível de compreensão maior quando colocadas duas alternativas para avaliação. Por fim, foram aprimoradas as legendas complementares, assim como a apresentação e operacionalização da ferramenta no arquivo Excel.

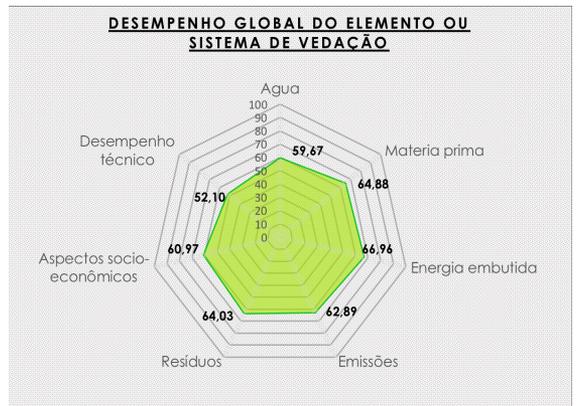
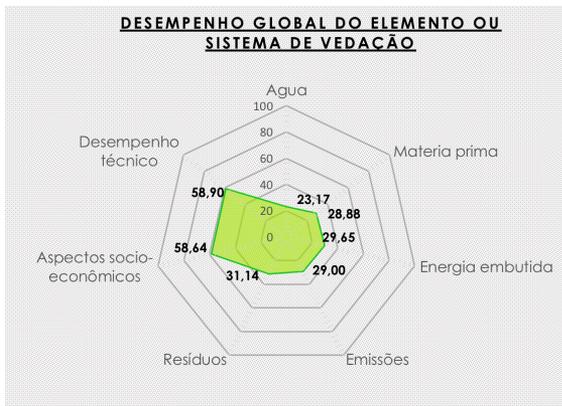
O resultado do último teste apontou um nível de complexidade considerado médio (4/10, 6/10 e 5/10 para os três avaliadores). O tempo de preenchimento foi considerado igualmente médio (6/10, 4/10 e 5/10) devido ao número e à abrangência das variáveis propostas. No entanto, é importante ressaltar que esse estudo piloto foi dirigido a estudantes de graduação inexperientes no assunto. Assim a mesma ferramenta foi fornecida aos participantes com a instrução de proceder com a avaliação dos sistemas de vedação como forma de avaliar o potencial autoexplicativo dela. Nesse sentido, a aplicabilidade da métrica foi considerada satisfatória, pois não foram relatadas dificuldades para a compreensão do uso da ferramenta ou interpretação dos resultados. A complexidade anteriormente declarada deve-se às variáveis inerentes à sustentabilidade quando materiais construtivos foram avaliados.

O relatório de resultados colocados na Figura 5 é uma representação parcial, pois a métrica fornece, ainda, dados e gráficos numéricos para cada material e fase do ciclo da vida. Note-se que, embora os resultados dos três avaliadores revelem, unanimemente, maiores benefícios de sustentabilidade para o mesmo sistema de vedação, as diferenças expressadas evidenciam que diversos fatores subjetivos contribuem para que cada usuário da ferramenta obtenha, em um mesmo projeto, resultados diferenciados para um mesmo conjunto de opções construtivas. Isso representa uma das principais potencialidades da métrica proposta, pois avaliações absolutas e objetivas demandam uma série de dados quantitativos, que estão fora do alcance da maioria dos projetistas e pesquisadores, especialmente para aplicações e estudos no Brasil.

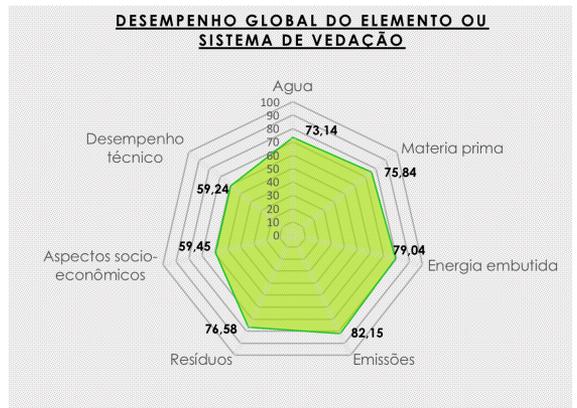
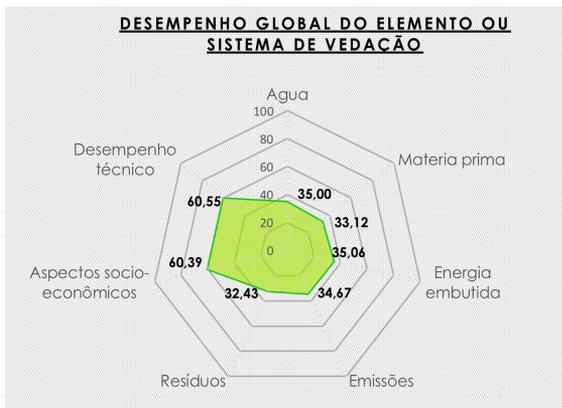
Avaliador 1



Avaliador 2



Avaliador 3



CONCLUSÕES

A métrica de avaliação proposta mostrou-se uma ferramenta útil para a seleção sistematizada de tecnologias construtivas, por parte de arquitetos e urbanistas, durante a fase inicial do projeto, especificamente quando se pretende alcançar altos desempenhos de sustentabilidade socioeconômica, ambiental e tecnológica. Para os propósitos da Equipe Casa Nordeste, a ferramenta está em sintonia com as demandas da competição internacional de projeto e execução de protótipos de casas sustentáveis operadas a energia solar. Além disso, a ferramenta se mostrou aplicável para projetistas tanto experientes como inexperientes e eficiente como instrumento de apoio na seleção de materiais e sistemas de vedação sustentáveis. Entende-se que a

Figura 5: Relatório de resultados do estudo piloto 5

Fonte: GUERRERO, 2016

ferramenta é viável, o que é reforçado por ter grau de compreensão e tempo de utilização considerados médio. A avaliação qualitativa e comparativa por meio das variáveis e escalas propostas na métrica se revelou eficaz para a escolha de sistemas de envoltória. Os fatores subjetivos inerentes a cada avaliador ainda permitem gerar gráficos e valores numéricos que servem como subsídio ao processo de tomada de decisões durante as etapas projetuais.

O moderado grau de complexidade expresso pelos participantes dos estudos pilotos resulta da abrangência do paradigma da sustentabilidade. Também se deve à quantidade limitada ou inexistente de dados, qualitativos e quantitativos, relativos ao ciclo de vida de materiais e sistemas de vedação produzidos no Brasil e associados a pesquisas nacionais. Essa falta dificultou a elaboração de guias de apoio para as variáveis da métrica. A falta de familiaridade dos projetistas com ferramentas sistematizadas de seleção de materiais e sistemas constituiu uma das principais oportunidades para a continuidade da aplicação e do desenvolvimento dessa métrica. Entende-se que estudos como esse aproximam tomadas de decisões projetuais de respostas condizentes com a problemática e complexidade atreladas às discussões de sustentabilidade.

A utilização do programa Excel mostrou-se eficaz para a estruturação preliminar e para os testes realizados no estudo piloto. Futuros aprimoramentos da ferramenta preveem a implantação de uma plataforma conectada a uma base de dados *online*. Espera-se assim que seja possível estruturar estudos sobre percepções de projetistas sobre distintos sistemas, bem como entender distinções e tendências regionais. Nesse sentido, compreende-se que esta pesquisa atingiu uma simplificação viável, dentro das condições de tempo e logística, para a inserção de discussões de sustentabilidade na escolha de sistemas de vedação. Espera-se que, na medida em que pesquisas nacionais enriqueçam as bases de dados existentes, iniciativas como esta permitam gradativamente a atenuação de impactos ambientais e socioeconômicos.

REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, V.; JOHN, V. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Edgard Blucher, 2011.
- CALKINGS, M. **Materials for sustainable sites**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009.
- CAVALCANTE, L. G. **Materiais construtivos, sustentabilidade e complexidade: análise da relação entre especificação de materiais construtivos e desenvolvimento sustentável**. 2011. 248 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Programa de Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. 2015. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/selecaoDeFornecedores/>>. Acesso em: 10 set. 2015.
- DING, G. K. C. Sustainable construction: the role of environmental assessment tools. **Journal of Environmental Management**, Amsterdam, v. 86, p. 451-464, 2008.
- EDWARDS, B. **O guia básico para a sustentabilidade**. Barcelona: Gustavo Gili, 2008. 226 p.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. 120 p.
- GUERRERO, R. E. L. **Escolhas sustentáveis em sistemas de vedação: construção de uma métrica de avaliação relativa**. 2016. 202 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo PPGAU, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2016.
- INTERNATIONAL COUNCIL FOR BUILDING. **Agenda 21: on sustainable construction**. Rotterdam, 1999. Disponível em: <<https://goo.gl/oXFliH>>. Acesso em: 1 out. 2014.
- JOHN, V. M.; DE OLIVEIRA, D. P.; AGOPYAN, V. Critérios de sustentabilidade para a seleção de materiais e componentes: uma perspectiva de países em desenvolvimento. **ResearchGate**, Berlim, 2006. Disponível em: <<https://goo.gl/t1hacs>>. Acesso em: 4 abr. 2015.

NAVARRO, I. et al. Experiences and methodology in a multidisciplinary energy and architecture competition: Solar Decathlon Europe 2012. **Energy and Buildings**, Amsterdam, v. 83, p. 3-9, 2014.

OLIVEIRA, N. C. **O paradigma da sustentabilidade na seleção de materiais e componentes para edificações**. 2009.

198 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SAGHAFI, M. D.; TESHNIZI, Z. S. H. Recycling value of building materials in building assessment systems. **Energy and Buildings**, Amsterdam, v. 43, p. 3181-3188, 2011.

Rafael Eduardo López Guerrero
rafaelguerrero@fiponline.edu.br

Carlos Alejandro Nome
carlos.nome@gmail.com

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UM PROJETO PADRÃO DO PROGRAMA PROINFÂNCIA: ESCOLA DE EDUCAÇÃO INFANTIL NO SUL DO BRASIL

Post-occupancy evaluation of the standard project of Proinfância program: early childhood education school in south Brazil

Nébora Lazzarotto Modler^{1,2}, Angélica Saccol Berleze¹, Edison Kiyoshi Tsutsumi^{1,2}, Vinícius Cesar Cadena Linczuk^{1,2}, Giselle Arteiro Nielsen Azevedo¹

RESUMO: O Programa Nacional de Reestruturação e Aquisição de Equipamentos para a Rede Escolar Pública de Educação Infantil (Proinfância) investiu nos últimos anos na construção de novas escolas e na melhoria da infraestrutura com recursos federais do Plano de Aceleração do Crescimento. Contudo, a multiplicação de projetos padrão em nível nacional, sem a devida atenção às diversidades climáticas, pode gerar problemas, principalmente de desconforto térmico, em ambientes internos. Este trabalho apresenta uma Avaliação Pós-Ocupação (APO) de uma Escola Municipal de Educação Infantil (EMEI) localizada no sul do Brasil. O estudo teve por objetivo avaliar o desempenho de uma edificação oriunda de projeto padrão, bem como analisar a aplicação dos procedimentos e instrumentos usualmente empregados em APO, identificando suas vantagens e limitações. Em termos metodológicos foram aplicados os instrumentos *Walkthrough*, questionário e mapeamento visual. No que diz respeito à avaliação de desempenho, verificou-se a insatisfação com o piso da edificação, as circulações externas desprotegidas, o ruído advindo do pátio coberto, a inadequada localização do refeitório, as pequenas dimensões das salas de atividades e de repouso e a inexistência de banheiros próximos às salas. Quanto à aplicação dos instrumentos, verificou-se que o desenvolvimento do mapeamento visual permitiu ainda que aspectos que passaram despercebidos no questionário e no *Walkthrough* fossem identificados. Essa experiência confirma a importância da inserção de instrumentos de APO diversificados, a fim de que seja possível identificar e aprofundar fatores pertinentes às condições ambientais, bem como esclarecer apontamentos por meio do cruzamento de respostas. A pesquisa conclui a necessidade da revisão de alguns aspectos do projeto padrão do Proinfância no intuito de que haja um processo de qualificação constante e que possibilite as adaptações tanto ambientais quanto culturais, diante de um país tão diversificado.

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação Pós-Ocupação; Desempenho; Proinfância; Escola de Educação Infantil.

ABSTRACT: The National Program for Restructuring and Equipment Acquisition for the Public Early Childhood School Network (Proinfância) has currently invested in the construction of new schools and in the improvement of the infrastructure with federal government resources of the Growth Acceleration Plan. However, the multiplication of standard projects throughout the country, without due attention to the climatic diversity, can generate problems, mainly of thermal discomfort, in internal environments. This work presents a Post-Occupancy Evaluation (POE) of an Early Childhood Education located in South of Brazil. The objective of the study was to evaluate the performance of a building from a standard project, as well as to analyze the application of the procedures and instruments usually employed in POE, identifying its advantages and limitations. In methodological terms the Walkthrough, Questionnaire and Visual Mapping instruments were applied. Concerning the

How to cite this article:

MODLER N.L.; BERLEZE A.S.; TSUTSUMI E.K.; LINCZUK V.C.C.; AZEVEDO G.A.N. Avaliação de desempenho de um projeto padrão do programa Proinfância: escola de educação infantil no sul do Brasil. *Gestão e Tecnologia de Projetos*. São Carlos, v. 13, n. 2, p. 95-118, 2018. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v13i2.126495>

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro

²Universidade Federal da Fronteira Sul

Fonte de financiamento:

Conselho Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o Programa Interinstitucional de Doutorado em Arquitetura (DINTER PROARQ-UFRJ/UFS)

Conflito de interesse:

Declararam não haver

Submetido em: 09/02/2017

Aceito em: 17/04/2018



performance evaluation, there was dissatisfaction with the floor of the building, with unprotected external circulations, noise coming from the covered patio, the inadequate location of the cafeteria, the small size of the classrooms and the lack of restrooms near the rooms. It was verified, with the application of the instruments, that the Visual Mapping also allowed that aspects that went unrecognized in the Questionnaire and the Walkthrough were identified. This experience confirms the importance of the inclusion of diversified POE instruments, so that it is possible to identify and deepen factors pertinent to environmental conditions, as well as to clarify notes through cross-answers. The research concludes the need to review some aspects of the standard project of Proinfância in order to have constant qualification process and that allow both environmental and cultural adaptations, in a such diverse country.

KEYWORDS: Post-Occupancy Evaluation; Performance; Proinfância; Early Childhood Education School.

INTRODUÇÃO

Este artigo é o desdobramento de uma Avaliação Pós-Ocupação (APO) realizada em julho de 2016, no âmbito de uma disciplina de doutorado¹, em uma Escola Municipal de Educação Infantil (EMEI) vinculada ao Programa Nacional de Reestruturação e Aquisição de Equipamentos para a Rede Escolar Pública de Educação Infantil (Proinfância). A pesquisa avaliou as condições ambientais relativas ao conforto térmico, acústico e lumínico e, ainda, a funcionalidade dos principais ambientes internos da escola. Para além da avaliação de desempenho do ambiente construído, analisou-se a aplicação dos procedimentos e instrumentos usualmente empregados em APO, identificando suas vantagens e limitações.

O Proinfância foi criado em 2007 pelo Governo Federal com objetivo principal de prestar assistência aos municípios e Distrito Federal para construção e aquisição de equipamentos e mobiliário para creches e pré-escolas públicas (COELHO, 2015). Tal assistência é dada em caráter suplementar visto que é responsabilidade da União, bem como dos estados, exercer ação supletiva técnica e financeira, conforme afirmam os artigos 30 e 211 da Constituição Federal (BRASIL, 1988)².

Conforme Coelho (2015), a implementação do Proinfância abrange cinco dimensões: (1) disponibilização de projetos arquitetônicos-padrão; (2) financiamento de obras; (3) aquisição de mobiliário e equipamentos; (4) assessoramento técnico-pedagógico; (5) custeio de novas matrículas.

Ao Fundo Nacional para o Desenvolvimento da Educação (FNDE) foi atribuída a gestão nacional do Programa. O acompanhamento das etapas de execução das obras ocorre a partir do registro no Sistema Integrado de Monitoramento Execução e Controle do MEC - Simec (COELHO, 2015).

Segundo Flores e Albuquerque (2015, p. 22), o referido Programa “tem sido uma ação indispensável para a ampliação do acesso e da qualidade na oferta da Educação Infantil” no país, o que, se acredita, tende a minimizar as carências de instalações apontadas no documento preliminar de referência do MEC, Padrões de Infraestrutura para as Instituições de Educação Infantil, que menciona:

entendemos que ainda existe uma lacuna entre a reflexão teórica e a realidade concreta das edificações escolares, especialmente aquelas destinadas à educação infantil. Diversas unidades de educação infantil

1 Disciplina Avaliação de Desempenho do Ambiente Construído do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (PROARQ) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), ministrado pela Prof. Dra. Giselle Arteiro Nielsen Azevedo.

2 Cf. a Constituição Federal (BRASIL, 1988): “Artigo 30: Compete aos Municípios: VI – manter, com cooperação técnica e financeira da União e do Estado, programas de educação infantil e de ensino fundamental”. “Artigo 211: A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios organizarão em regime de colaboração seus sistemas de ensino – parágrafo 2º: Os Municípios atuarão prioritariamente no ensino fundamental e na educação infantil”.

funcionam em condições precárias de instalações de suprimento de serviços básicos, tais como: água, esgoto sanitário e energia elétrica. [...] O referido documento também considera que grande parte das edificações escolares existentes no país restrinja o processo educativo, já que muitas vezes sua concepção não facilita a exploração das possibilidades pedagógicas do espaço físico e de seus arranjos espaciais no desenvolvimento das diversas dimensões humanas de seus usuários (BRASIL, 2004, p. 3).

Essa consideração remete ao reconhecimento do potencial do espaço-ambiente³ arquitetônico enquanto instrumento pedagógico, aspecto que é apontado por pesquisadores tanto do meio acadêmico da arquitetura como da pedagogia⁴. Segundo Faria (2003, p. 74), a organização do espaço físico das instituições de educação infantil é reconhecidamente importante para o desenvolvimento das dimensões humanas “o imaginário, o lúdico, o artístico, o afetivo, o cognitivo”, as quais são mencionadas no documento *Critérios para atendimento em creches e pré-escolas que respeitem os direitos fundamentais da criança* - COEDI/MEC⁵ (BRASIL, 1995).

Conforme o documento *Parâmetros Básicos de Infraestrutura para as Instituições de Educação Infantil* (BRASIL, 2006), bem como Kowaltowski (2011), a concepção do projeto escolar deve ser baseada em processos participativos que envolvam a comunidade educacional (crianças, professores, funcionários, pais, equipes diretivas), para que sejam incorporados os saberes, necessidades e desejos dos futuros usuários da edificação, bem como seja identificado o perfil pedagógico pretendido.

Contudo, os projetos escolares padronizados, entre os quais se inclui os do Proinfância, por basearem-se em modelos unificados para todo o país, acabam por desconsiderar sua diversidade, seja de ordem sociocultural, econômica ou climática, o que pode acarretar prejuízos quanto aos aspectos pedagógicos, de conforto ambiental, funcionais e técnico-constructivos.

Atualmente, o FNDE disponibiliza os projetos padrão Tipo 1 e Tipo 2, tendo sido descontinuados os projetos Tipo B e Tipo C. Os modelos apresentam poucas diferenciações em relação ao programa arquitetônico, também todos são planejados para serem implantados em lote cuja declividade máxima seja 3%, contudo há diferenciação quanto às dimensões do lote, número de crianças atendidas, bem como em relação ao coeficiente de aproveitamento (CA)⁶.

O Tribunal de Contas da União realizou auditoria operacional em algumas escolas municipais de educação infantil (Emei) do Proinfância com projetos padrão Tipo B e Tipo C para identificar os riscos associados ao processo de expansão e funcionamento da rede pública de educação infantil (BRASIL, 2012). Os resultados apontam para a existência de fragilidades nos projetos, entre as quais estão inadequações em relação às variáveis climáticas que tornam os projetos padrão incapazes de se adequar às diferentes regiões do país. A partir dos apontamentos da auditoria, em 2013, o FNDE promoveu algumas alterações nos modelos Tipo B e C, entre elas a possibilidade de haver algumas adaptações no projeto para regiões de clima frio, tais como fechamento do pátio coberto/refeitório com vidro e piso em manta sintética.

A intenção de atuar na correção dos problemas já identificados é ainda presente. Segundo Peglow *et al.* (2016), os técnicos do FNDE manifestaram interesse em estruturar uma rede com grupos de pesquisa vinculados às

3 Ao adotar a palavra composta espaço-ambiente, nos alinhamos com Rheingantz *et al.* (2009) e Horn (2007). Segundo Rheingantz *et al.* (2009), o espaço se restringe apenas às qualidades físicas ou dimensionais, enquanto ambiente abrange os aspectos psicológicos e culturais atrelados à vivência das pessoas ocupantes do espaço.

4 Dentre os autores e pesquisadores pode-se mencionar CARVALHO & RUBIANO, 1994; ZABALZA, 1998; ELALI, 2002; FARIA, 2003; CABANELLAS *et al.*, 2005; HORN, 2004; MACHADO, 2008; SOUZA, 2009; FLORES & ALBUQUERQUE, 2015.

5 Coordenação Geral de Educação Infantil do Ministério da Educação (COEDI), vinculada à Secretaria de Educação Básica do Ministério da Educação.

6 Tipo B: lote 40m × 70m, 112 vagas, CA de 0,35; Tipo C: lote 35m × 45m, 60 vagas, CA de 0,42; Tipo 1: lote 40m × 60m, 188 vagas, CA de 0,55; Tipo 2: lote 35m × 45m, 94 vagas, CA de 0,49; Tipo 3: lote 28m × 45m, 188 vagas, CA de 1,16.

Quadro 1: Apresentação dos ambientes originais e adaptados na EMEI

Ambiente original		Ambiente adaptado	Ambiente original		Ambiente adaptado
1	Hall de acesso		14	Creche II (1/2 anos)	Berçário II (0/1 ano)
2	Recepção		15	Solário	
3	Almoxarifado	Briquedoteca	16	Castelo d'água	
4	Sanitário de funcionários		17	Pátio coberto e refeitório	
5	Sala de professores		18	Pátio externo aberto	
6	Diretoria	Jogoteca	19	Playground	
7	Secretaria	Secretaria e direção	20	Creche III (2/4 anos)	Maternal I (2/3 anos)
8	Estacionamento		21	Creche III (2/4 anos)	Maternal I (2/3 anos)
9	Cozinha e apoio		22	Pré-escola (4/6 anos)	Maternal II (3/4 anos)
10	Área de serviço e lavanderia		23	Pré-escola (4/6 anos)	Maternal II (3/4 anos)
11	Creche I (0/1 ano)	Berçário I (0/1 ano)	24	Sanitário infantil	
12	Creche I (0/1 ano)	Berçário II (0/1 ano)	25	Leitura/sala multiuso	Sala de atendimento educacional especial
13	Creche II (1/2 anos)	Berçário II (0/1 ano)	26	Informática	Informática/biblioteca/vídeo

Fonte: adaptado de Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (2013)

No caso da EMEI estudada, no ano de 2016, o número de salas e as séries ofertadas foram: uma turma de Berçário I (0 a 1 ano), três turmas de Berçário II (1 a 2 anos), duas turmas de Maternal I (2 a 3 anos) e duas turmas de Maternal II (3 a 4 anos). Em relação à estrutura administrativa, a escola possuía: diretora, vice-diretora e coordenadora pedagógica, professoras regentes, atendentes auxiliares, funcionárias da cozinha/limpeza e vigia noturno.

No memorial descritivo original do projeto padrão consta a possibilidade de adaptações de elementos construtivos atendendo as particularidades regionais observadas e as necessidades de conforto espacial e térmico atendidas em regiões de clima frio, são elas: fechamento do pátio coberto com esquadrias com abertura de correr, utilização de forro nas salas de aula a fim de reduzir o pé-direito interno para 2,70m e alteração de revestimento do piso das salas de atividades com manta sintética.

Na EMEI estudada, realizou-se efetivamente o fechamento do pátio coberto com esquadrias e a instalação de cobertura na circulação externa, entre os blocos de serviço e pedagógico, para facilitar o fluxo de funcionários em dias de chuva, bem como inserido forro de madeira na cobertura do pátio coberto. Do projeto original, contudo, foram mantidos o piso em granitina e o pé-direito de 3,00m com a cobertura em laje, não havendo forro.

Na intenção de ampliar os espaços de uso das crianças, a direção da Emei optou por adaptar o uso de alguns ambientes. Assim, onde o projeto-padrão original previu o almoxarifado, ocorre a brinquedoteca (Figura 2), já a sala de direção foi adaptada para atender a jogoteca (Figura 3), sendo

que as atividades de direção e almoçarifado desenvolvem-se junto do atual espaço da secretaria.

Figura 2: Espaço adaptado para receber a brinquedoteca

Fonte: Os autores (2016)



Figura 3: Espaço adaptado para receber a jogoteca

Fonte: Os autores (2016)



MÉTODOS

Embasamento conceitual dos métodos

Em alinhamento com os grupos de pesquisa ProLUGAR e GAE (ProArq/FAU/UFRJ), para a realização deste trabalho seguiu-se a postura investigativa da Abordagem Experiencial⁸ e seu desdobramento prático, a Observação Incorporada, que, segundo Rheingantz et al. (2009, p. 107), “propõe a transformação da postura ou atitude do observador, de abstrata e desincorporada, para uma atitude de observação aberta e atenta do ambiente, considerando pessoa-ambiente de forma indissociável e interdependente”.

Walkthrough é um instrumento de APO⁹ que consiste na realização de um percurso feito pelos pesquisadores para a compreensão do estado e uso dos ambientes a partir da observação conjugada com entrevistas e técnicas de registros (fotográfico, desenho e gravação). Nesse sentido, são identificadas características positivas e negativas dos aspectos construtivos e a relação com a apropriação dos ambientes pelos usuários. Além disso, é um instrumento que geralmente precede os demais por orientar a realização de estudos mais aprofundados e quais técnicas e instrumentos devem ser os próximos utilizados (RHEINGANTZ et al., 2009). Segundo Zeisel (1981), a primeira Análise *Walkthrough* foi feita por Lynch em 1960.

8 Designação utilizada pelos pesquisadores dos grupos GAE e ProLUGAR/ProArq/UFRJ para caracterizar as avaliações do desempenho do ambiente construído alinhadas com a valorização da experiência vivenciadas pelo observador.

9 Um dos objetivos da APO é a avaliação do desempenho da edificação em relação a fatores técnicos, funcionais, econômicos, estéticos e comportamentais do ambiente em uso. Segundo Orsstein (1992), a APO tem origem, como campo de investigação, em pesquisas realizadas pela Midwest Psychological Field Station, da cidade de Oskaloosa, associada à University of Kansas, Estados Unidos. O Instituto foi fundado por Roger Barker e Herbert Wright em 1947 e pretendia investigar as influências da sociedade no desenvolvimento da criança.

O questionário compreende o instrumento que possui uma série de perguntas a serem respondidas sem a presença do pesquisador e que podem ser enviadas pessoalmente, por internet ou correio. É o instrumento ideal quando se pretende descobrir regularidades entre grupos de pessoas por meio da comparação entre as respostas. Indica-se ainda que as questões sejam simples, precisas e neutras, de modo a não influenciar os respondentes (ZEISEL, 1981).

Mapeamento visual é um instrumento que permite ao pesquisador identificar a percepção dos usuários em relação a um determinado ambiente, a apropriação dos espaços, sua satisfação em relação ao lugar e em relação ao mobiliário, entre outros. Segundo Rheingantz et al. (2009), o mapeamento visual foi desenvolvido por Ross Thorne em 1991. A ferramenta possibilita que o usuário registre em plantas os pontos positivos e negativos do ambiente analisado, possibilitando o entendimento em relação ao bem-estar de seus usuários. Ainda segundo os autores, essa técnica dispensa a formalização verbal, possibilitando uma maior liberdade e interação entre o usuário e o pesquisador, contribuindo para uma melhor eficácia de outras técnicas a serem aplicadas posteriormente. Conforme os autores, o mapeamento visual pode ter diversas abordagens, desde a mais abrangente até as mais pragmáticas e focalizadas, como é o caso de análises referentes ao conforto ambiental. Independentemente do tipo de abordagem, o resultado da aplicação de um mapeamento visual deve ser cruzado com os resultados de métodos complementares.

A escolha dos instrumentos e a sua ordem de aplicação

O grupo de pesquisadores foi formado por quatro professores universitários, todos arquitetos e urbanistas, sendo dois homens e duas mulheres¹⁰.

A avaliação de desempenho desenvolveu-se em dois dias. No primeiro dia, em manhã chuvosa de inverno, com temperatura em torno de 15°C, foi feita uma visita preliminar exploratória pelos ambientes da escola com o acompanhamento da diretora e coordenadora pedagógica, as quais conduziram os pesquisadores e explicaram toda a dinâmica de funcionamento da escola. Após esse primeiro contato, foram definidos os instrumentos APO que seriam aplicados, bem como preparados os materiais gráficos e textuais necessários à sua aplicação.

A escolha dos instrumentos foi pautada no tempo restrito disponível para a realização da APO e no enfoque de conforto ambiental elencado para a análise de desempenho. Ficou também definido que o grupo focal da pesquisa seria composto pelas professoras e gestoras da escola, visto que, no entendimento dos pesquisadores, uma interação com as crianças necessitaria mais tempo para que elas se acostumassem com a presença dos pesquisadores. Para além disso, em função de o enfoque da avaliação ser conforto ambiental, os pesquisadores julgaram que as professoras e gestoras conseguiriam, no tempo disponível, comunicar com mais êxito os aspectos inerentes às questões envolvidas.

Assim, por meio da Análise *Walkthrough*, seria possível obter a observação técnica dos pesquisadores, a qual estava embasada na conversa (não estruturada) com a professora no interior do ambiente avaliado. E, por meio do mapeamento visual e questionário, seria possível obter a percepção isolada das professoras sobre os ambientes da edificação, a qual seria cruzada novamente com os resultados da *Walkthrough*.

No segundo dia de visita, ocorrida em dia nublado, com temperatura do ar em torno de 15°C, desenvolveu-se a aplicação efetiva dos instrumentos presenciais ora mencionados. Primeiramente, com início às 8h30min, desenvolveu-se a Análise *Walkthrough*, a qual teve a duração de três horas, aproximadamente. No turno da tarde, os pesquisadores dialogaram inicialmente a respeito das principais percepções oriundas da *Walkthrough*, e, em seguida, ajustaram algumas perguntas já previamente definidas para serem realizadas no mapeamento visual. A aplicação do mapeamento visual ocorreu na sala de professores, onde, uma a uma, as professoras foram recebidas pelos pesquisadores.

10 Néborá Lazzarotto Modler, Angélica Saccol Berleze, Edison Kiyoshi Tsutsumi, Vinicius Cesar Cadena Linczuk

Os formulários referentes aos questionários foram deixados sob os cuidados da secretária da escola para que as professoras e gestoras, ainda no mesmo dia, os retirassem e os levassem para casa, a fim de que contribuíssem com o processo de avaliação fora de seus horários de trabalho.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A apresentação dos resultados segue a ordem da aplicação dos instrumentos.

Observações da Análise *Walkthrough*

Como já mencionada, a Análise *Walkthrough* precedeu e norteou a aplicação dos demais instrumentos. Ela foi orientada por um *checklist* e por plantas da edificação que foram sendo preenchidas e retificadas na medida em que se considerou necessário. O *checklist* desenvolvido foi preenchido observando os seguintes critérios: nome do ambiente, área, pé-direito, ocupantes, atividades, mobiliário, materiais de revestimento, iluminação, ventilação e equipamentos. Já as plantas foram utilizadas para registrar *layouts* e confirmar as dimensões das esquadrias, com o auxílio de uma trena manual e fotografias do local.

O percurso iniciou-se pelo acesso principal da escola em direção à sala de atividades do Berçário I. Em seguida a equipe passou por uma sala do Berçário II, Maternal I, Maternal II, sala de atendimento educacional especial (SAEE), uma sala compartilhada de biblioteca e informática e, ao final, o pátio coberto. A escolha desses ambientes deu-se principalmente na tentativa de contemplar salas destinadas a diferentes faixas etárias, posição solar e relação com o pátio central coberto. A Figura 4 traz o percurso no qual os ambientes foram sinalizados por letras.

Constatou-se que a escola apresenta os mesmos materiais de acabamento em todas as salas, com paredes de alvenaria, revestimento de cerâmica branca até 1,20m, reboco liso e pintura acrílica branca acima, cobertura em laje pré-moldada e telha cerâmica. O piso demonstrou ser frio sendo perceptível o desconforto por assimetria térmica causado durante o período da visita.

Figura 4: Percurso da Análise *Walkthrough*

Fonte: Adaptado de Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (2016)



Berçário I

Dados gerais:

Professoras: 2

Crianças: 0 a 1 ano

Área: 57,35m²

Ambientes: atividades, alimentação, repouso e fraldário

Mobiliário: bancada com pia, armários, tapete emborrachado, 9 carrinhos de bebê, televisão, micro-ondas, condicionador de ar e 5 luminárias de teto, 10 berços, ventilador e 2 arandelas

OBS: Correspondente ao ambiente nº 11 na Figura 1 e Quadro 1



Figura 5: Planta baixa Berçário I

Fonte: Adaptado de Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (2013)



Figura 6: Foto do Berçário I

Fonte: Os autores (2016)

A sala de atividades do Berçário I tem acesso pelo pátio coberto/refeitório e possui comunicação direta com o solário orientado para oeste (Figuras 5 e 6).

Embora os ambientes de atividades e repouso possuam amplas janelas com orientação oeste, notou-se a existência de pouca iluminação natural. Isso se deve em razão da obstrução parcial causada pelo castelo d'água e o uso de cortina *blackout*. Além disso, há janelas com dimensões reduzidas voltadas para o pátio central e que são encobertas por papel *kraft* na tentativa de escurecer o ambiente e reduzir o ruído para o momento de sono das crianças. Nesse sentido, a ventilação que poderia ser cruzada também é prejudicada em razão da impossibilidade de abertura dessas janelas, o que pode ser a razão do ambiente apresentar, no dia da visita, sensação de umidade. Em relação à ventilação e climatização mecânica, a professora destacou a necessidade maior de uso do condicionador de ar da sala de atividades no período frio e, ainda, a não utilização do ventilador de teto da sala de descanso em função do ruído que ele gera.

Berçário II

Dados gerais:

Professoras: 2

Crianças: 1 a 2 anos

Área: 57,35m²

Ambientes: atividades, repouso e sanitário

Mobiliário: bancada com pia, armários, tapete emborrachado, 3 mesas com cadeiras, condicionador de ar e 4 luminárias de teto, 5 berços, 5 camas desmontáveis, ventilador e 2 arandelas

OBS: Correspondente ao ambiente nº 14 na Figura 1 e Quadro 1

O ambiente do Berçário II tem acesso protegido apenas por beiral, sem fechamento lateral, e possui comunicação direta com o solário orientado para oeste (Figura 7).

Figura 7: Planta baixa do Berçário II

Fonte: Adaptado de Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (2013)



Figura 8: Foto dos solários dos Berçários I e II

Fonte: Os autores (2016)



À semelhança da sala de atividades destinada ao Berçário I, os ambientes de atividades possuem amplas janelas com orientação oeste e janelas com dimensões reduzidas, em posição oposta, orientadas para o pátio coberto. As janelas são mantidas fechadas, prejudicando a possibilidade de ventilação cruzada e causando a sensação de umidade, principalmente no ambiente dos sanitários. A abertura das janelas também é prejudicada pelo modelo ser pivotante vertical e feita de ferro, as quais são pesadas e de difícil manuseio. A sala dá acesso ao solário, que conta com piso em concreto bruto cujo acabamento áspero pode ocasionar acidentes às crianças (Figura 8). O sanitário é dividido em um ambiente de lavatório e outro para banho, troca e vasos sanitários.

Maternal I

Dados gerais:

Figura 9: Planta baixa do Maternal I

Fonte: Adaptado de Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (2013)

Professoras: 4

Crianças: 2 a 3 anos

Área: 36,20m²

Ambientes: atividades e repouso

Mobiliário: bancada com pia, armários, 2 mesas desmontáveis, 16 cadeiras, 4 luminárias de teto e 24 camas desmontáveis

OBS: Correspondente ao ambiente nº 20 na Figura 1 e Quadro 1

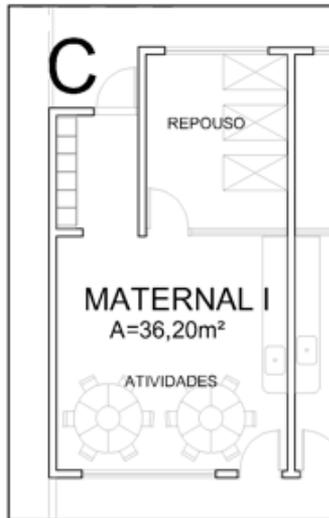


Figura 9: Planta baixa do Maternal I

Fonte: Adaptado de Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (2013)



Figura 10: Foto do Maternal I

Fonte: Os autores (2016)

Figura 11: Foto do Repouso

Fonte: Os autores (2016)

O ambiente do Maternal I tem acesso protegido apenas por beiral, sem fechamento lateral, e possui comunicação direta com o solário orientado para leste (Figuras 9, 10 e 11). Não há banheiro na sala, estando localizado no pátio central compartilhado.

O ambiente possui amplas janelas com orientação leste e janelas pequenas, em posição oposta, orientadas para o pátio externo aberto. Nota-se uma melhor condição de iluminação natural e ventilação cruzada proporcionada pela divisória baixa desobstruída. A sala também possui acesso ao solário com acabamento de piso em concreto bruto.

Maternal II

Dados gerais:

Professoras: 4

Crianças: 3 a 4 anos

Área: 36,20m²

Ambientes: atividades e repouso

Mobiliário: bancada com pia, armários, tapete emborrachado, quadro branco, 26 mesas com cadeiras, 4 luminárias de teto, 28 camas desmontáveis

OBS: Correspondente ao ambiente nº 23 na Figura 1 e Quadro 1

Figura 12: Planta baixa do Maternal II

Fonte: Adaptado de Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (2013)

Figura 13: Foto da sala do Maternal II

Fonte: Os autores (2016)



O ambiente tem acesso através do pátio coberto/refeitório e possui comunicação direta com o solário orientado para leste (Figura 12).

A sala possui ampla janela com orientação leste e janelas com dimensões reduzidas, em posição oposta, orientadas para o pátio coberto/refeitório. A ventilação cruzada é facilitada em razão de não haver divisórias na sala, contudo, as janelas orientadas para o pátio permanecem fechadas grande parte do tempo devido ao ruído oriundo desse espaço.

As professoras relataram preferirem mesas coletivas para propiciar trabalho em grupo, tendo em vista que as atuais mesas, além de possuírem altura inadequada à faixa etária dos usuários, quando agrupadas, geram vazios que possibilitam a queda dos materiais didáticos, o que acaba por desconcentrar as crianças do foco das atividades (Figura 13). Em razão da profundidade da sala, há necessidade do uso da iluminação artificial.

Sala de Atendimento Educacional Especial (SAEE)

A Sala de Atendimento Educacional Especial (SAEE) possui ocupação variável, sendo utilizada para atividades individuais com crianças especiais e para outras atividades diversas. Essa sala apresentou-se adequada à atividade proposta (Figura 15).

Dados gerais:

Professoras: 1

Crianças: variável

Área: 27,10 m²

Ambientes: atividades individuais com crianças especiais e atividades motoras com turmas dos maternais

Mobiliário: prateleiras, 1 mesa, 4 cadeiras, tapete emborrachado, equipamentos para as atividades motoras, 3 luminárias de teto (não possui condicionador de ar ou ventilador)

OBS: Correspondente ao ambiente nº 25 na Figura 1 e Quadro 1



Figura 14 Planta baixa da SAAE

Fonte: Adaptado de Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (2013)

Figura 15: Foto da SAAE

Fonte: Os autores (2016)

Biblioteca/informática

A sala da biblioteca e informática recebe as crianças para atividades específicas de dinâmica de jogos e uso de computador e vídeo. As cadeiras apresentam-se altas para a faixa etária atendida pela escola, e a altura das prateleiras, em 65cm, oferecem risco de acidentes. (Figura 17 e 18).

Dados gerais:

Professoras: 1

Crianças: variável

Área da biblioteca/informática: 22,88m²

Ambientes: contação de histórias e atividades com computadores

Mobiliário: prateleiras, 7 computadores, 12 cadeiras, televisão, 4 luminárias de teto e condicionador de ar

OBS: Correspondente ao ambiente nº 26 na Figura 1 e Quadro 1



Figura 16: Planta baixa da biblioteca e informática

Fonte: Adaptado de Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (2013)

Figura 17: Biblioteca

Fonte: Os autores (2016)

Figura 18: Informática

Fonte: Os autores (2016)

Sanitários

Os sanitários são utilizados pelas crianças das turmas dos maternais. O acesso aos sanitários ocorre pelo pátio coberto/refeitório. Suas aberturas são orientadas para a fachada leste, sendo estas com dimensões reduzidas, o que ocasiona iluminação natural precária. Além disso, as esquadrias são em ferro e de difícil manuseio. As paredes são revestidas por cerâmica até a altura de 1,85m, e o piso é em granitina. Observou-se que a distância da borda do lavatório até a torneira não é adequada para o alcance manual das crianças da faixa etária de 3 a 4 anos, bem como o revestimento em cerâmica lisa dos degraus da escada de acesso ao chuveiro expõe as crianças ao risco de queda (Figuras 19 e 20).

Figura 19: Fotos dos lavatórios

Fonte: Os autores (2016)

Figura 20: Fotos do espaço de banho

Fonte: Os autores (2016)



Pátio coberto

O pátio coberto apresenta uma área de 220,0m². Possui piso em granitina, e a cobertura apresenta-se em estrutura de madeira, telha cerâmica e forro de madeira. Como adaptação ao clima frio, o pátio conta com fechamentos verticais em vidro temperado fixo, bem como portas e janelas de correr, também em vidro temperado. O ambiente atende a função de circulação e de refeitório, tendo as mesas localizadas em frente à cozinha, e área de brinquedos com casinha de bonecas, escorregador, cama elástica, entre outros. Tal agrupamento de funções evidencia problema de incompatibilidade, uma vez que as crianças não se concentram em suas refeições devido à visualização atrativa dos brinquedos. Também o fato de as mesas de refeição estarem expostas a um ambiente amplo, sujeito a maior circulação de poeira, demanda limpeza constante das mesas (Figuras 21 e 22).

Além disso, o piso em granitina e os fechamentos em vidro são reflexivos às ondas sonoras, o que torna o ambiente ruidoso. Para evitar a perturbação do ruído advindo do pátio, as professoras das salas do Berçário I e Maternal II relataram que mantêm as janelas orientadas para o pátio sempre fechadas, o que impossibilita a ventilação natural cruzada desses ambientes.

Figura 21: Pátio coberto/ refeitório

Fonte: Os autores (2016)



Figura 22: Pátio coberto/ refeitório

Fonte: Os autores (2016)





Figura 23: Planta do pátio coberto/refeitório

Fonte: Adaptado de Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (2013)

Circulações externas

Em relação às áreas de circulação, constatou-se que elas expõem os usuários ao desconforto por frio. O *hall* de acesso da escola, o qual apresenta aberturas com cobogós, causa corrente de ar indesejável no inverno, pois está alinhado com a circulação que leva ao pátio coberto/refeitório (Figuras 24 e 25). Também o acesso às salas, por ser aberto, com proteção apenas de beiral, expõe as crianças ao frio e à umidade no período do inverno (Figura 26).



Figura 24: Circulação principal de entrada

Fonte: Os autores (2016)

Figura 25: Cobogós no *hall* de entrada

Fonte: Os autores (2016)

Figura 26: Acesso à sala de Maternal I

Fonte: Os autores (2016)

Mapeamento visual

Em função de a APO ter restrições de tempo para sua aplicação, optou-se por realizar o mapeamento visual com apenas 4 professoras regentes de turmas. A definição de quais profissionais seriam convidadas a participar partiu da localização das salas de atividades em que atuam, ou seja, com qual turma trabalham. Assim, optou-se por convidar as professoras do Berçário I e Berçário II, cujas salas são orientadas para o oeste, e as professoras do Maternal I e Maternal II, cujas salas são voltadas para leste, a fim de se obter suas percepções sobre o conforto ambiental.

Quanto à sistemática de aplicação, o mapeamento visual assemelhou-se a uma entrevista. Uma a uma, as professoras foram recebidas pelos pesquisadores na sala dos professores e convidadas a comentar sobre os principais ambientes da escola com base na visualização da planta baixa da escola.

Os ambientes avaliados foram: salas de atividades em que a professora trabalha, SAEE, biblioteca/informática, pátio coberto/refeitório, *playground*, sanitários e circulações entre os blocos. Para cada ambiente a respondente deveria considerar as questões de ruído, calor, frio, odor, dimensionamento do espaço, tranquilidade, convivência e agradabilidade, definindo se considerava o ambiente “positivo” ou “negativo” em cada um dos aspectos elencados. Ao julgar o ambiente como positivo, a professora era convidada a colocar um ponto de caneta azul sobre a sua localização em planta e, caso o julgasse como negativo, deveria inserir um ponto de caneta vermelha.

No entanto, logo no início da aplicação do instrumento, durante a primeira entrevista, devido aos comentários da professora, os pesquisadores perceberam a necessidade de incluir outras questões que também se mostravam importantes. Assim, foram incluídos os aspectos: segurança, visibilidade (ou ponto cego de visualização da sala), ventilação e *layout*.

Todos os quatro pesquisadores estavam presentes ao longo da aplicação do mapeamento visual. Uma pesquisadora ficou responsável pela transcrição da entrevista, outra desenvolveu a interlocução com a professora e os demais acompanhavam a atividade em silêncio. Não foi utilizado gravação de áudio.

De forma geral, as respostas recorrentes apontam:

- a) área insuficiente das salas para a realização das atividades e problemas de *layout*, ou seja, espaços pouco funcionais e pouco flexíveis para uso pedagógico;
- b) com relação ao ruído interno, as professoras do Berçário I e Maternal II apontam que há ruído oriundo do pátio coberto, levando-as a manter as janelas voltadas para esse ambiente fechadas, o que prejudica as taxas de renovação de ar em suas salas;
- c) as professoras do Maternal I e II comentam que há odor desagradável de caixas de passagem da rede de esgoto localizadas no pátio externo aberto, aspecto que só foi descoberto com a aplicação desta avaliação, o que evidencia a necessidade de uso de instrumentos diversificados em APO;
- d) o solário foi lembrado como um ambiente em que se utiliza apenas em um turno, ou seja, conforme a condição favorável de insolação; o piso em concreto bruto foi apontado como inadequado devido ao risco de as crianças se machucarem;
- e) destacaram a área de ventilação insuficiente nos ambientes de repouso;
- f) o pátio coberto/refeitório é apontado por problemas de *layout*, visto que consideram o uso compartilhado entre refeitório e recreação como problemático. Também, todas as respondentes afirmam que o pátio coberto é um ambiente frio no inverno e desconfortável acusticamente devido ao ruído gerado no próprio ambiente;
- g) todas as professoras consideram as áreas da brinquedoteca e jogoteca insuficientes, visto que os locais foram adaptados para se tornarem esses ambientes, sendo originalmente projetados para ser o almoxarifado e a diretoria, respectivamente;
- h) a sala de vídeo/biblioteca também é considerada subdimensionada e desconfortável em função do calor e da ventilação insuficiente. Já a SAEE foi considerada um ambiente predominantemente agradável e bem ventilado.

De forma geral, as respondentes demonstraram facilidade de leitura gráfica da planta baixa e orientação espacial, o que viabilizou a aplicação do instrumento, bem como a confiabilidade das respostas. Também, a experiência vivenciada evidenciou a importância de se realizar um teste-piloto do instrumento antes da sua aplicação efetiva a fim de que seja possível identificar antecipadamente quais são as questões ambientais mais pertinentes.

Observações sobre o questionário

O questionário foi o último instrumento a ser aplicado no estudo de caso. As questões e formulários foram elaborados pelos pesquisadores após a

realização da visita exploratória, ou seja, na tarde do primeiro dia de estudo de campo. Considera-se que o percurso vivenciado na visita foi imprescindível para a definição de quais seriam os questionamentos importantes a serem abordados no questionário.

O questionário foi disponibilizado em meio físico a toda equipe diretiva, coordenação pedagógica, professoras regentes de turma e estagiárias auxiliares de turma, o que totalizou 28 pessoas. No que tange às professoras¹¹, do total de 23 que atuam na escola, 17 trabalham na instituição entre dois e três anos, o que é positivo para a análise dos resultados, pois já vivenciaram situações sazonais diversas para embasar respostas mais esclarecidas, como verões e invernos mais ou menos rigorosos.

Os formulários foram disponibilizados na secretaria da escola para que cada respondente retirasse o seu e o levasse para casa, a fim de que o envolvimento com a atividade ocorresse fora do horário de trabalho. Foi acordado um prazo de 3 dias para que as respondentes retornassem os formulários para a secretaria, local onde seriam recolhidos pelos pesquisadores. Ao final, obteve-se o retorno de 23 respondentes, o que corresponde a 82% do grupo total.

O questionário foi elaborado com questões de opinião, com escala verbal, de respostas pares, variando entre “muito bom”, “bom”, “ruim” e “muito ruim”, totalizando 38 perguntas. Além disso, foram elaboradas questões dicotômicas, variando entre “sim” e “não”, totalizando 33 perguntas. Ao final das séries de perguntas referentes a um determinado ambiente, foram deixados espaços em branco possibilitando comentários gerais.

Primeiramente, a respondente deveria marcar em uma planta baixa esquemática a sala de atividades em que permanece a maior parte do dia a fim de verificar se há divergência de conforto entre as salas das faces leste e oeste. As perguntas visaram avaliar os mesmos ambientes enfocados no mapeamento visual a fim de confrontar os resultados dos diferentes instrumentos. Foram assim alvo de questões os seguintes ambientes: salas de atividades das turmas, pátio coberto/refeitório, banheiros, circulações e pátio externo.

Em relação às perguntas que se referem às salas de atividades, sobressaem as seguintes respostas:

- a) respectivamente, 70% e 87% das respondentes consideram as dimensões das salas de atividades e de repouso inadequadas;
- b) a maioria (87%) afirma estar exposta ao frio no inverno, o que coincide com a resposta de grande parte das professoras (91%), que consideram o piso inadequado. Fazendo uma interpretação integrada às observações do *Walkthrough*, é possível inferir que grande parte do desconforto por frio é proveniente do contato com o piso de granitina, que segue o projeto padrão Proinfância/FNDE;
- c) com relação à escada dos sanitários revestida de cerâmica lisa (Figura 17), a maioria (74%) aponta que ela é inadequada porque oferece risco por ser escorregadia, contudo apontam que a sua altura está adequada para a atividade de dar banho na criança;
- d) no que tange à funcionalidade do mobiliário e à quantidade de iluminação natural, a maioria considerou adequada;
- e) as considerações em relação ao desconforto por frio no inverno e os problemas dimensionais e de flexibilidade das salas de atividades foram apontados negativamente;
- f) algumas professoras apontaram problema do ruído, justamente as que trabalham em salas mais próximas ao pátio coberto/refeitório;
- g) o tamanho das aberturas e a quantidade de iluminação natural e artificial foram mencionadas positivamente.

Em relação às perguntas sobre as áreas de circulação (*hall* de acesso e áreas de entrada das salas), as respostas revelam que esses ambientes são desconfortáveis por frio, inclusive o *hall* de acesso da escola, o qual apresenta aberturas com cobogós que causam correntes de ar indesejáveis no inverno.

11 100% das professoras respondentes são do sexo feminino e possuem ensino superior completo, sendo que 15 delas também possuem pós-graduação concluída.

Além disso, a localização dos sanitários foi declarada como desfavorável por ser distante das salas. Nesse sentido, é necessário considerar que, com exceção do Berçário I e Maternal II, todas as outras salas têm acesso protegido apenas pela projeção do beiral, não havendo fechamento lateral. Com relação às respostas referentes ao pátio externo, sobressaem as informações sobre as dimensões desse espaço serem adequadas para atividades das crianças, o que foi apontado por 91% das respondentes. Contudo, segundo 70% das professoras, há carência de árvores para sombreamento no verão.

Ao longo da análise dos resultados também se constatou a importância desse instrumento oferecer um campo para considerações livres por parte dos respondentes, visto que contribuições relevantes foram obtidas a partir dessa alternativa de resposta no questionário, as quais foram colaborações primordiais para a análise integrada das informações em relação aos outros instrumentos utilizados.

Síntese das descobertas

A análise dos resultados da APO apontam que o projeto padrão da edificação contém fragilidades principalmente em relação às seguintes questões:

- a) ambientes subdimensionados para atender aspectos funcionais, as salas de atividades e de repouso não contam com área suficiente para as atividades pedagógicas e de descanso das crianças;
- b) o pátio coberto é associado, principalmente, aos problemas de geração de ruído e de incompatibilidades funcionais. O ruído da recreação das crianças nos brinquedos se propaga por meio dos materiais de acabamento reflexivos e perturba as salas de atividades adjacentes, as quais contam com aberturas voltadas para o pátio coberto. A área de refeitório, também presente nesse espaço, além de exposta ao ruído, é prejudicada pela poeira resultante da circulação dos usuários, bem como a concentração das crianças no momento da refeição é dispersada pela visualização atrativa dos brinquedos;
- c) com relação ao desconforto por frio, considera-se que sua causa é, em grande parte, devido ao piso em granitina presente em todos os ambientes da escola. O projeto original também não atende a diversidade climática do sul do Brasil ao prever circulações abertas que dão acesso às salas de atividades, com exceção das salas do Berçário I e Maternal II, conforme evidencia a Figura 1. Em dias frios e chuvosos, crianças e professoras necessitam circular expostas ao vento e à umidade, situação essa que se torna mais crítica para as turmas dos maternais que não contam com sanitários junto das salas de atividades;
- d) a questão da ventilação insuficiente foi identificada, principalmente, devido ao subdimensionamento das esquadrias dos sanitários, do fraldário e da área de repouso e alimentação dos berçários. Além do que, no caso do Berçário I, identificou-se que as esquadrias são, grande parte do tempo, mantidas fechadas em função do ruído advindo do pátio coberto.

O Quadro 2 apresenta a síntese das descobertas verificadas ao longo da aplicação dos instrumentos, bem como algumas recomendações para a melhoria dos espaços. É importante destacar que algumas descobertas só poderiam ser retificadas com obras de ampliação da escola e, nesse sentido, não foram feitas proposições a nível de projeto. As recomendações aqui listadas servem como contribuição da pesquisa, e a longo prazo deve auxiliar na retroalimentação de projetos futuros para escolas de educação infantil no sul do Brasil.

Quadro 2: Síntese das descobertas e recomendações

	Ferramenta	Descobertas	Recomendações
Berçário I	Walkthrough	<p>O ambiente de repouso apresenta-se subdimensionado.</p> <p>A sala possui ventilador que não é utilizado em função do ruído.</p> <p>A sala de atividades possui condicionador de ar que é mais utilizado no inverno, pois é a estação que mais causa desconforto térmico.</p> <p>A sala de atividades possui uma ampla janela voltada para oeste que é sombreada pelo castelo d'água (reservatório de água), prejudicando a iluminação natural.</p> <p>O ambiente de refeições possui uma janela pequena mas que possibilitaria a ventilação cruzada. No entanto ela é mantida fechada.</p> <p>A ausência de porta separando a sala de atividades do fraldário faz com que haja odores na sala.</p>	<p>Há necessidade de ampliação dos ambientes de repouso.</p> <p>Prever instalação de piso emborrachado em todos os ambientes internos a fim de reduzir desconforto por frio.</p> <p>Prever substituição das esquadrias de ferro por alumínio de modo a facilitar o manuseio e aumentar a estanqueidade do ambiente, bem como instalar vidros com controle térmico.</p> <p>Prever porta dividindo a sala de atividades do fraldário em função do odor.</p> <p>No solário é necessário instalar piso emborrachado resistente às intempéries.</p> <p>Também prever algum tipo de sombreamento, preferencialmente com vegetação do tipo caducifólia.</p> <p>O Berçário I não deveria ter comunicação direta com o pátio coberto, visto que os bebês não utilizam esse espaço de recreação, que gera ruído.</p> <p>Instalar piso antiderrapante nas áreas de banho dos sanitários, evitando que as crianças escorreguem.</p> <p>Rever o tipo de mobiliários do Maternal II para que seja mais ergonômico para a faixa etária das crianças que utilizam o ambiente.</p>
	Questionário	<p>A dimensão das salas é insuficiente, principalmente o ambiente de repouso.</p> <p>O piso em granitina é inadequado, pois causa desconforto por frio.</p> <p>A renovação de ar no inverno é insuficiente.</p>	
	Mapeamento Visual	<p>Há ruído proveniente do pátio coberto.</p> <p>Há necessidade de uma sala isolada para amamentação.</p> <p>Há pouca utilização do solário em função do frio ou calor excessivo.</p> <p>A área da sala de repouso é subdimensionada.</p>	
Berçário II	Walkthrough	<p>O <i>layout</i> da sala de atividades dificulta a interação das crianças com a paisagem externa, que muitas vezes sobem no mobiliário para observar através da janela.</p> <p>A sala possui ambiente contíguo para sanitários e chuveiros e lavatórios. O tamanho das janelas é muito pequeno e de difícil abertura em função do material, o que dificulta a renovação do ar. O acesso ao chuveiro é feito por uma escada com piso liso e escorregadio.</p> <p>O solário, o qual é orientado para oeste, é pouco usado no turno da tarde no verão, devido à insolação excessiva.</p> <p>O piso de concreto bruto é considerado inadequado devido ao risco de escoriações nas crianças em caso de queda.</p>	<p>O Berçário I não deveria ter comunicação direta com o pátio coberto, visto que os bebês não utilizam esse espaço de recreação, que gera ruído.</p> <p>Instalar piso antiderrapante nas áreas de banho dos sanitários, evitando que as crianças escorreguem.</p> <p>Rever o tipo de mobiliários do Maternal II para que seja mais ergonômico para a faixa etária das crianças que utilizam o ambiente.</p>
	Questionário	<p>A dimensão das salas é insuficiente, principalmente o ambiente de repouso.</p> <p>A escolha do piso em granitina é inadequada em função do frio.</p> <p>Há desconforto por frio.</p> <p>A renovação de ar no inverno é insuficiente.</p>	
	Mapeamento Visual	<p>A insolação que atinge a sala no turno da tarde torna o ambiente demasiadamente aquecido no verão, o que ocasiona o uso do climatizador de ar.</p> <p>O espaço da sala de repouso é subdimensionado e mal-ventilado.</p> <p>O banheiro da sala é mal dimensionado e apresenta ventilação insuficiente.</p> <p>O <i>hall</i> de acesso à sala consiste em um ponto cego visto da sala de atividades.</p> <p>O piso do solário, com acabamento áspero, compromete a segurança das crianças.</p>	

(continua)

Quadro 2: Continuação

Maternal I	Walkthrough	<p>Não há sala de repouso, logo o <i>layout</i> da sala é modificado na hora do descanso para comportar as camas desmontáveis. Os sanitários ficam distante da sala e o acesso é feito por um corredor aberto, que expõe as crianças a frio e umidade em dias de inverno.</p> <p>O piso do solário, com acabamento áspero, compromete a segurança das crianças.</p>	<p>Há necessidade de ampliação dos ambientes de repouso.</p> <p>Prever instalação de piso emborrachado em todos os ambientes internos a fim de reduzir desconforto por frio.</p> <p>Prever substituição das esquadrias de ferro por alumínio de modo a facilitar o manuseio e aumentar a estanqueidade do ambiente, bem como instalar vidros com controle térmico.</p> <p>Prever porta dividindo a sala de atividades do fraldário em função do odor.</p> <p>No solário é necessário instalar piso emborrachado resistente às intempéries.</p> <p>Também prever algum tipo de sombreamento, preferencialmente com vegetação do tipo caducifólia.</p> <p>O Berçário I não deveria ter comunicação direta com o pátio coberto, visto que os bebês não utilizam esse espaço de recreação, que gera ruído.</p> <p>Instalar piso antiderrapante nas áreas de banho dos sanitários, evitando que as crianças escorreguem.</p> <p>Rever o tipo de mobiliários do Maternal II para que seja mais ergonômico para a faixa etária das crianças que utilizam o ambiente.</p>
	Questionário	<p>A dimensão das salas é insuficiente, principalmente o ambiente de descanso.</p> <p>A escolha do piso em granitina é inadequada em função do frio.</p> <p>Há desconforto por frio, e a renovação de ar na sala é insuficiente no período do inverno.</p> <p>Deveria haver sanitários mais próximos à sala de atividades.</p> <p>O acesso à área de banho nos sanitários é inadequado, pois o piso é escorregadio.</p>	
	Mapeamento Visual	<p>A sala de atividades e o ambiente de repouso são subdimensionados.</p> <p>O solário é utilizado geralmente no turno da manhã e seu piso é inadequado.</p>	
Maternal II	Walkthrough	<p>Não há sala de repouso, logo o <i>layout</i> da sala é modificado na hora do descanso para comportar as camas.</p> <p>O ambiente foi originalmente projetado para a faixa etária de 4 a 6 anos, logo a altura das mesas e cadeiras é incompatível com crianças de 3 a 4 anos.</p> <p>O ambiente não possui divisórias, o que facilita a ventilação cruzada na sala.</p> <p>A sala apresenta bastante ruído em função da proximidade com o pátio coberto.</p>	<p>Instalar piso antiderrapante nas áreas de banho dos sanitários, evitando que as crianças escorreguem.</p> <p>Rever o tipo de mobiliários do Maternal II para que seja mais ergonômico para a faixa etária das crianças que utilizam o ambiente.</p>
	Questionário	<p>A dimensão das salas é insuficiente, principalmente o ambiente de repouso.</p> <p>A escolha do piso em granitina é inadequada em função do frio.</p> <p>Há desconforto por frio e a renovação de ar na sala é insuficiente no período do inverno.</p> <p>Deveria haver sanitários mais próximos às salas de atividades.</p> <p>O acesso à área de banho nos sanitários é inadequado, pois o piso é escorregadio.</p>	
	Mapeamento Visual	<p>A área da sala é considerada adequada.</p> <p>Falta um espaço para repouso permanente.</p> <p>A sala é quente no verão e fria no inverno.</p> <p>Há ruído proveniente do pátio externo.</p> <p>O mobiliário é inadequado para a faixa etária das crianças.</p>	
Circulações	Walkthrough	<p>As circulações são abertas e o beiral da cobertura é insuficiente para proteger as crianças em dia de chuva, assim as turmas que não possuem sanitários junto da sala de atividades precisam ir ao banheiro comum acompanhadas das professoras e ficam, assim, suscetíveis às intempéries.</p>	<p>Prever o fechamento lateral das circulações com caixilhos móveis a fim de possibilitar a abertura no verão e fechamento no inverno.</p> <p>Avaliar se a condição da tubulação de esgoto e o sistema de tratamento dentro do lote foram executados com os caimentos e materiais adequados.</p>
	Questionário	<p>O piso em granitina é escorregadio.</p> <p>Há desconforto por frio no inverno.</p> <p>O uso de cobogós é adequado no verão e inadequado no inverno.</p> <p>Os corredores deveriam ser fechados para proteção de chuva e frio.</p>	
	Mapeamento Visual	<p>As circulações deveriam ser fechadas para proteção do vento e da chuva.</p>	

(continua)

Quadro 2: Continuação

Pátio coberto	Walkthrough	O espaço é utilizado para brincadeiras, refeições e circulação, prejudicando a concentração das crianças no momento da refeição, além de gerar acúmulo de poeira nas mesas com facilidade. Em função das atividades desenvolvidas e dos materiais de revestimento serem reflexivos às ondas sonoras, o ambiente apresenta ruído, prejudicando as atividades nas salas próximas.	Prever instalação de divisória em gesso com isolamento acústico para separar fisicamente os ambientes e proteger acusticamente o refeitório do pátio coberto.
	Questionário	O tipo de piso é inadequado. A presença do refeitório no ambiente do pátio é inadequada.	
	Mapeamento Visual	Pátio coberto é muito quente no verão e muito frio no inverno. O parquinho gera muito ruído para as crianças que estão fazendo as refeições.	
Pátio externo	Walkthrough	Piso de concreto bruto dificulta as atividades desenvolvidas no espaço. Falta sombreamento no verão, e a utilização gera ruídos para as salas.	Instalar materiais acusticamente absorventes no piso e nas paredes do pátio coberto. Isolar a tubulação de esgoto. Prever a instalação de piso emborrachado em todo o pátio. Plantar árvores de modo que protejam os brinquedos da insolação excessiva no verão, sugere-se optar por espécies caducas.
	Questionário	Há insolação excessiva no verão, causando desconforto em função da radiação solar direta durante essa estação, e no inverno, em função do vento frio.	
	Mapeamento Visual	Há carência de espaços sombreados para atender ao período de verão.	
Playground	Walkthrough	Alguns brinquedos do parquinho são inadequados à faixa etária das crianças. Não há árvores para proporcionar sombreamento no verão. O piso de grama e areia é pouco drenante, dificultando a utilização após longos períodos de chuva.	Instalar brinquedos adequados à faixa etária das crianças.
	Questionário	Professoras e gestoras consideram que o tamanho dos brinquedos do <i>playground</i> é inadequado para a faixa etária dos alunos.	
	Mapeamento Visual	Não há sombra na caixa de areia e nos brinquedos para atender ao período de verão. Os brinquedos não são adequados para a faixa etária das crianças.	

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi apresentado um estudo de caso com aplicação de instrumentos de APO em uma EMEI localizada na região Sul do Brasil. A avaliação teve como enfoque as condições relativas a conforto ambiental, segurança, funcionalidade e potencial pedagógico dos principais ambientes internos da escola. A aplicação dos instrumentos ocorreu em dois dias chuvosos de inverno, com temperaturas em torno de 15°C, durante parte prática da disciplina Avaliação de Desempenho do Ambiente Construído (PROARQ/UFRJ).

Em termos metodológicos, realizou-se uma pesquisa experimental com aplicação de instrumentos qualitativos. A pesquisa teve caráter observatório, e os instrumentos avaliaram a percepção das professoras e gestoras com base nas suas experiências de vivência do espaço escolar, bem como a percepção dos pesquisadores conforme alinhamento com a Abordagem Experiencial e Observação Incorporada.

As principais limitações do estudo de campo foram oriundas do curto espaço de tempo entre a aplicação dos instrumentos, o que ocasionou uma reflexão limitada dos pesquisadores na proposição de um instrumento com base nos seus resultados. Verificou-se, por exemplo, a importância de o questionário ser elaborado após a aplicação do *Walkthrough* e mapeamento visual, assim como após os resultados terem sido analisados, visto que dessa forma os pesquisadores teriam a possibilidade de explorar melhor a potencialidade das perguntas. Também se confirmou a importância da aplicação de pré-testes antes da realização definitiva do mapeamento visual, de modo que aspectos relevantes não deixem de ser investigados.

A pesquisa deteve-se na área construída, sem abordar as áreas de recreação abertas da escola, as quais são compostas pelo pátio aberto, o qual é pavimentado, o *playground* e as áreas de taludes com grama localizadas no recuo lateral leste do lote. Esses espaços não fizeram parte da análise *Walkthrough* e foram exploradas com poucas perguntas no questionário, contudo foram levantados comentários das professoras durante o mapeamento visual, os quais apontaram pontos positivos e negativos, bem como o grande apreço das crianças em relação às vivências de brincadeiras nesses espaços.

Considera-se que, para além da contribuição técnica com a retroalimentação de projetos padrão de escolas de educação infantil, a experiência desta APO fortalece a importância de que o projeto do ambiente escolar infantil deve partir de diretrizes transdisciplinares da pedagogia e da arquitetura a fim de que o espaço-ambiente não tenha só função de proporcionar condições adequadas de habitabilidade, mas sim possa contribuir no processo educativo. Dessa forma será possível, cada vez mais, superar os conceitos de creches assistencialistas, comuns no Brasil há pouco mais de uma década, as quais eram instaladas em edificações adaptadas para esse uso.

A utilização de instrumentos de APO diversificados é imprescindível para identificar o “olhar” do professor e do pesquisador, que representam, respectivamente, o olhar fruto da vivência diária e da pedagogia e o olhar técnico do arquiteto. A experiência desta pesquisa demonstra a importância do cruzamento dessas percepções para que a avaliação alcance a compreensão da diversidade de usos e significados que o ambiente escolar infantil possui e que o projeto deveria atender.

As principais contribuições dos professores são de caráter pedagógico, funcional e de segurança, questões que podem tornar-se “invisíveis” aos olhos dos pesquisadores. Como exemplo, tem-se o piso do solário em concreto com acabamento áspero, identificado pelas educadoras como inadequado devido ao risco de as crianças se machucarem em possíveis quedas, e por não ser confortável nem estimulante para as crianças se apropriarem – como sentar, engatinhar e andar de joelhos.

Já a observação dos pesquisadores, no caso arquitetos, é capaz de identificar aspectos que passam despercebidos aos professores por estes já estarem acostumados com espaço da escola, como, por exemplo, a insuficiência de ventilação das salas de berçário e fraldário, ocasionado pela área reduzida

de esquadrias prescrita pelo projeto-padrão e pela dificuldade de manuseio dos caixilhos em ferro. Ao encontro dessas constatações, os comentários das professoras apontam a necessidade de manter fechadas as esquadrias voltadas para o pátio coberto em função do ruído advindo desse espaço, o que prejudica a qualidade do ar interno, pois dessa forma não ocorre a ventilação cruzada e higiênica.

Por fim, acredita-se que o estudo contribui com a comunicação de uma experiência de observação sobre como o projeto padrão Proinfância/FNDE é vivenciado por seus usuários infantis e educadoras. Nesse sentido, conclui-se que há necessidade de o modelo atual de projetos do Programa Proinfância serem revistos no intuito de que haja um processo de qualificação constante a fim de atender as diversidades do país.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: desempenho térmico de edificações – Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF, 5 out. 1988. Disponível em: <<https://goo.gl/2ejvKu>>. Acesso em: 21 dez. 2015.
- _____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Infantil e Fundamental. **Padrões de Infraestrutura para as Instituições de Educação Infantil e Parâmetros de Qualidade para a Educação Infantil**. Brasília, DF, 2004. Disponível em: <<https://goo.gl/ePyQgf>>. Acesso em: 21 dez. 2015. Documento preliminar.
- _____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Critérios para um atendimento em creches que respeite os direitos fundamentais das crianças**. Brasília, DF, MEC/SEB/COEDI, 1995.
- _____. Ministério da Educação. **Parâmetros Básicos de Infraestrutura para as Instituições de Educação Infantil**. Brasília, DF, 2006. 2 v. Disponível em: <<https://goo.gl/6xubfL>>. Acesso em: 7 ago. 2016.
- _____. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Memorial descritivo**: projeto Proinfância: tipo B. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/ZbkKuQ>>. Acesso em: 7 ago. 2016.
- _____. Ministério da Educação. **Programa Nacional de Reestruturação e Aparelhagem da Rede Escolar Pública de Educação Infantil (Proinfância)**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/StfGzQ>>. Acesso em: 8 maio 2018.
- _____. Tribunal de Contas da União. **TC 011.441/2012-7**: relatório de auditoria. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/gaZWFw>>. Acesso em: 14 mar. 2018.
- CABANELLAS, I.; E., Clara (Orgs.); FORNASSA, W.; HOYUELOS, A.; POLONIO, R.; TEJADA, M. **Territorios de la infancia. Diálogos entre arquitectura y pedagogía**. Barcelona: Editorial Graó, 2005. 250 páginas. CARVALHO, M. I. C.; RUBIANO, M. R. B. Organização do espaço em instituições pré-escolares. In: OLIVEIRA, Z. M. R. **Educação infantil**: muitos olhares. São Paulo: Cortez, 1994. p. 116-142.
- COELHO, R. C. F. Prefácio. In: FLORES, M. L. R.; ALBUQUERQUE, S. S. (Orgs.). **Implementação do PROINFÂNCIA no Rio Grande do Sul: perspectivas políticas e pedagógicas**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2015. p. 7-8. Livro Eletrônico disponível em <http://ebooks.pucrs.br/edipucrs/Ebooks/Pdf/978-85-397-0663-1.pdf>, consulta 13 ago. 2016.
- ELALI, G. A. **Ambientes para educação infantil**: um quebra-cabeça? Contribuição metodológica na Avaliação Pós-Ocupação de edificações e na elaboração de diretrizes para projetos arquitetônicos na área. 2002. 320 f. Tese (Doutorado em Estruturas Ambientais Urbanas) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- FARIA, A. L. G. O espaço físico como um dos elementos fundamentais para uma pedagogia infantil. In: FARIA, A. L. G.; PALHARES, M. (Orgs.). **Educação infantil pós-LDB**: rumos e desafios. 4. ed. Campinas: Autores Associados, 2003. p. 67-100.
- FLORES, M. L. R.; ALBUQUERQUE, S. S. (Orgs.). **Implementação do PROINFÂNCIA no Rio Grande do Sul: perspectivas políticas e pedagógicas**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2015. Livro Eletrônico disponível em <http://ebooks.pucrs.br/edipucrs/Ebooks/Pdf/978-85-397-0663-1.pdf>, consulta 13 agosto 2016.
- FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. **Memorial descritivo**: Projeto Proinfância: Tipo B. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/7ShWLC>>. Acesso em: 7 ago. 2016.
- HORN, M. G. S. **Sabores, cores, sons, aromas**: a organização dos espaços na educação infantil. Porto Alegre: Artmed, 2004.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Arquitetura e escolar o projeto do ambiente de ensino**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

MACHADO, T. G. **Ambiente escolar infantil**. 2008. 221 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

ORNSTEIN, S.; ROMÉRO, M. **Avaliação Pós-Ocupação do ambiente construído**. São Paulo: Nobel: Edusp, 1992.

PEGLOW, J. et al. **Avaliação do conforto térmico de escola municipal de educação infantil em Pelotas/RS**: ZB2. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 21-23 set. 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: Antac, 2016.

RHEINGANTZ, P. A. et al. **Observando a qualidade do lugar**: procedimentos para a avaliação pós-ocupação. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

Disponível em: <<https://goo.gl/GQyEb1>>. Acesso em: 10 jun. 2013.

SOUZA, F. S. **Premissas projetuais para ambientes da educação infantil**: recomendações com base na observação de três UMEIs de Belo Horizonte, MG. 2009. 356 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

PEGLOW, J.; RITTER, V.; RONCA, A.; PEREIRA, R.; CUNHA, E.; RHEINGANTZ, P. A. **Avaliação do conforto térmico de escola municipal de educação infantil em Pelotas/RS** – ZB2. XVI ENTAC ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. São Paulo: 2016.

ZABALZA, Miguel A. **Qualidade em Educação Infantil**. Porto Alegre: Artmed, 1998. 288 p.

ZEISEL, J. **Inquiry by design**. Monterey: Brooks/Cole Publishing Company, 1981.

Nébora Lazzarotto Modler
nebora.modler@uffs.edu.br

Angélica Saccol Berleze
angelicaberleze@unochapeco.edu.br

Edison Kiyoshi Tsutsumi
edison.tsutsumi@uffs.edu.br

Vinícius Cesar Cadena Linczuk
vinicius.linczuk@uffs.edu.br

Giselle Arteiro Nielsen Azevedo
gisellearteiro5@gmail.com